مجلة فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية - السنة (٢) العدد (٨) إبريل ٢٠١٤م



ISSN 1658 6239

المقالات المنشورة في هذا العدد مترجمة عن المجلة الفرنسية العلم والحياة « Science & Vie »

كلمة العدد

تواصل مجلتكم، مجلة العلوم والتقنية للفتيان، مسيرتها وتزفّ إليكم عددها الثامن المزدان بمواضيع متنوعة بتنوع الاختصاصات العلمية. سيطلع القارئ على مقالة تركز على مسؤولية الفيروس في الإصابة بداء السكري، فضلا عن أخبار طبية تفيد مثلا بأن العلوم تحفّز على حبّ الغير، وأن التهاب المفاصل قد يُخفي بكتيريا في اللثة. ومن المجالات التي توليها المجلة اهتماما خاصا مجال الطاقة. وهكذا نقترح عليكم إجابة عن السؤال التالي: لماذا لم تتقدم الطاقة الشمسية في فرنسا؟ ونوضح في موضوع آخر كيف أن الزجاج يقوم بدور المصفى للأشعة الشمسية. ومادامت كارثة فوكوشيما النووية لا زالت تُشغل بال المجتمع الياباني والعلماء عبر العالم نواصل في هذا العدد البحث عن الحلول، ونتطرق إلى حل للمعضلة يقضي بتجميد المفاعل. وفي باب الفيزياء، يوضح العلماء في إحدى المقالات لماذا أصبح العالم مضطربا... ويخبروننا في مكان آخر عما يخفيه البروتون. أما الكيميائيون فيطمئنوننا بخصوص لذة اللحم الاصطناعي! وفي الوقت الذي تتزايد فيه الأبحاث حول النانويات تشرح لنا مقالة قصيرة في هذا العدد لماذا قررت مؤسسة ألمانية متخصصة في الكيمياء غلق مصنع الأنابيب النانوية. وفي موضوع الفضاء والبيئة نتساءل عماذا يحدث لو كانت الأرض غير مستديرة. وفي خبر علمي يجد القارئ خارطة الكرة الأرضية بكاملها وعليها سجلت تفاصيل التنوع البيئي الذي يعمّ كوكبنا. وفي خبر آخر نكتشف كيف يتفاعل عالم البحار بسرعة مع الاحترار العالمي. ولعل من بين القراء من يتساءل عن موقع أكبر فوهة بركان في العالم. سوف يجد هؤلاء الإجابة ضمن هذا العدد. وهل تساءلت ذات يوم عن إمكانية حفر نفق يخترق الأرض على طول آلاف الكيلومترات، وعن طبيعة الأماكن المخترقة عندئذ، وعن درجات حرارتها...؟ يتناول أحد مواضيعنا هنا هذه المغامرة. ثمّ هل تساءلت عن معدن الذهب وكيف يتكوّن؟ لقد حلم الكيميائيون القدامى بصناعته يدويا. وها هم الفيزيائيون الفلكيون يوضحون الأمر في هذا العدد مبرهنين أن ذلك ناتج من تصادم نجميْن!! كما أجبنا بخصوص هذا المعدن عن السؤال الغريب: كيف يمكن استخراج الذهب بواسطة السكر! وقدمنا أيضا في هذا العدد موضوعا يتناول ازدياد ذوبان الجليد بالقطب الشمالي... وهو وضع جديد مفيد لسفن السلع وحاملات البترول... لكنه يضر بالدب القطبي. وتفيدنا الأخبار العلمية حول الماء أن الحياة خلقت من الماء قبل التاريخ المُتوقع. ومن أبرز مواضيع العدد الثامن ذلك الذي يتحدث عن كيف يمكن التأكد من أن موقعًا من مواقع الإنترنت خال من الفيروسات. ومن يعشق السرعة من القراء فعليه الاطلاع على المقالة التي تعرض مشروعا رائدًا يتمثّل في وسيلة نقل خارقة نَظَّرَ لها أحد الأثرياء الأمريكيين: قطار بسرعة ١٢٠٠ كلم/ساعة! كما أن هناك مواضيع أخرى لا شك ستنال رضا القارئ.

رئيس التحرير









اقرأ في هذا العدد



IMAGES NGSFC/NASA

وداعًا أيّها الجليد البحريّ...[١]

جليد القطب الشماليّ الدائم يتلاشى. إنّها نعمة لسفن الشحن والبترول، وكارثة للدِّبَبة القطبيّة.

بقلم: جيروم بلانشار[٢]



١ قريبًا، إلى القطب الشمالي بالباخرة؟

الجواب: أجل. في الواقع يتوقّع الخبراء تلاشي الجليد البحريّ في صَيف القطب الشمالي كليًّا في غضون عشرين عامًا؛ ففي العام ٢٠١٢ انصهر الجليد البحريّ على نحو غير مسبوق، وفي نهاية سبتمبر ٢٠١٣ اقتصرت مساحته على ٣,٥ مليون كلم مربّع فقط. إنّها مساحة تعادل مساحة فرنسا بمقدار ستّ مرات، لكنها أقل من نصف مساحته السابقة؛ ففي بداية الثمانينيّات بلغت مساحة الجليد البحريّ الصيفية ٨ ملايين كلم مربع تقريبًا، وفي الشتاء سيعود الجليد ويتشكّل، لكنّنا سنشهد نهاية الجليد متعدّد السنوات، الجليد الذي لا يذوب أبدًا في الصّيف والذي يزداد سماكةً من عام لآخر.

سيتحوّل الجليد البحريّ الّذي يغطّي اليوم المنطقة القطبيّة الشماليّة إلى جليد بحريّ موسميّ. كيف لهذا المكعب الثلجيّ الضخم أن يذوب بسرعة فائقة، في حين أنّنا نكاد لا نستبين ظاهرة الاحتباس الحراري في أوروبا؟ يعود ذلك لسرعة احترار المنطقة القطبيّة الشماليّة التي تعادل ضعف سرعة احترار باقي الكوكب الأرضيّ (مراجعة السؤال ٢). تُقدّر مجموعة الخبراء الحكوميّة الخاصّة بتطوّر المناخ أو Giec أنّ الحرارة في المنطقة الشماليّة سترتفع من ٢ إلى ٩ درجة مئوية حتى العام ٢١٠٠، عندئذ لن يتمكّن أيّ مكعّب ثلجيّ -مهما عظُم حجمه- من الصمود أمام ظرف كهذا.

٢ هل سيبرّد ذوبان الثلج الأرض؟

الجواب: لا، بل على العكس!، سيعجّل ذوبان الثلج الاحتباس الحراري الأرضي. في الواقع، يحاكي الجليد البحريّ الذي يغطّي المحيط المتجمّد الشمالي عمل المرآة؛ إذ يسمح له لونه الأبيض بردّ ١٠٠٪ من أشعّة الشّمس تقريبًا، وبما أنّ حجم تلك المرآة يتقلّص من سنة إلى أخرى، يمتصّ المحيط السفلي قدرًا أكبر من الحرارة، ما يدفّئ الجوَّ بطريقة غير مباشرة، ويفسّر ارتفاعَ حرارة القطب الشمالي بقدر يعادل ضعفَيْ باقي الأرض. لكن الأرض ستتأثّر كاملةً حتمًا بهذه التدفئة. لماذا؟ لأنّ المنطقة القطبية الشماليّة، تتضمّن أيضًا أراضي شمال أمريكا، وسيبيريا، وغرينلاند ومجموعة كبيرة من الجزر، تغطيها طبقة جليدية تُدعى الطبقة دائمة التجمّد، قد تفوق سماكتها ٢٠ مترًا وتشكّل بقايا نباتيّة مكوّنها الأساسي. لا يمكن لمحتواه من الكربون التسرّب خارجًا طالما كانت هذه البقايا



TON KOENE/HOLLANDSE HOOGTE/REA



٣ هل ستختفي الدببة القطبية؟

الجواب: أجل، قد ينقرض نوعها في غضون قرن. وحَسب الاتحاد الدولي للمحافظة على الطبيعية UICN، سينخفض عددها الذي يقدّر اليوم بين ٢٠ و٢٥ ألفًا بكل تأكيد إلى الثلث، على الأقلّ في السنوات الخمس والأربعين التالية، كما كشفت دراسة حول مجموعة من الدببة في خليج (هادسون Hudson / كندا) أنّ وزن الإناث وعدد الصغار في تراجع مستمرّ، ما يثبت أنّها لا تقتات بشكل جيّد. ما سبب تلك المجاعة؟ ذوبان الجليد البحريّ. تكيّف دب البحر أو Ursus maritimus في الواقع جيّدٌ مع الحياة على الجليد؛ فتقنية صيد الفقمات عنده بسيطة بقدر فعاليتها، يجد حفرة في الجليد وينتظر. عاجلًا أو آجلًا يُخرج أحد الثدييّات رأسه من الماء ليتنفّس، فيخلبه الدب المترصّد خلبًا. ضربة قاضية! لكن لسوء الحظ، كلّما تقلّص الجليد البحري، كثرت الحفر في الجليد وتوسّعت. فلا تتوقع الدببة مكان ظهور الفقمات، ولا أمل في أن تتمكّن من اصطيادها في الماء، بالرغم من كونها سبّاحة ماهرة.

النباتيّة متجمّدة؛ فالبرد يمنع –في الواقع– نشاط الجراثيم التي تحلل النّبات.

لكن، منذ أن بدأت الطبقة دائمة التجمّد بالاحترار، عادت الجراثيم شيئًا فشيئًا إلى عملها، وبدأت تطلق نوعين من الغازات ذات >تأثير الدفيئة< في الجوّ؛ ثاني أكسيد الكربون CO_2، والميثان. هل ينبغي القلق من تأثير تلك "القنبلة المناخية" الحقيقيّة؟ أجل. إذ إنّ من المتوقع احتواء الطبقة دائمة التجمد ١٧٠٠ مليار طن من الكربون، أي ما يعادل ضعف كميّة ثاني أكسيد الكربون الراهنة في الجوّ، وعندما يطلق هذا الغاز بكميّات كبيرة، فإنّه يؤدّي حتمًا إلى ارتفاع في الحرارة، بيد أنّ رجال العلم يأملون أن تنخفض كثافة ثاني أكسيد الكربون لاحقًا حالما يعود النبات ويغزو الأرض التي ذاب عنها الجليد مُجدّدًا، وإن لم يكونوا متيقّنين من ذلك. بمجرّد نموّها جيّدًا، ستمتصّ صنوبريّات "التايغا" Taiga؛ تلك الغابة القطبيّة الشماليّة، كميّات كبيرةً من ثاني أكسيد الكربون كما هو الحال مع أدغال الأمازون، ما يحدّ من الاحتباس الحراري.

> **إضاءة**
>
> **تأثير الدفيئة**
>
> هو قدرة غازات الجوّ على حبس حرارة الشمس، ومن ثمّ تدفئة الأرض، كلّما تنامت كميّة بعض الغازات، مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان، تعاظم الاحترار.



< يعيش اليوم أربعة ملايين شخص في الدائرة القطبيّة الشماليّة، وستساهم التدفئة في رفع هذا العدد.

S. KAZLOWSKI/NATUREPL.COM

^ انتهى صيد الفقمات لهذا الدب الأبيض المحكوم عليه بالنفوق جوعًا.



٤ لماذا تهتم ناقلات البترول بالمنطقة القطبيّة الشماليّة؟

الجواب: لأن قدرًا هائلًا من البترول والغاز يرقد مستترًا تحت الجليد البحري. يقدّر معهد الجيوفيزياء الأمريكي (USGS) مكمون الجليد البحري بـ ٩٠ مليار برميل من البترول، أي ما يعادل ثلاث سنوات من الاستهلاك العالمي و ٤٧ ألف مليار من الأمتار المكعبة من الغاز الطبيعي، أي ثلاثة عشر عامًا من الاستهلاك العالمي. إنّه مورد إثراء طائل للشركات النفطيّة التي كانت متلهّفة للنفاذ إلى تلك الحقول النفطيّة الجديدة حتّى وقع فشل شركة (شل Shell) الذريع؛ ففي سبتمبر ٢٠١٢، بدأت شركة البترول بحفر بئر في البحر على بعد مائة كيلومتر شمال (ألاسكا). كانت خطوة سبّاقة، لكن العملية توقفت بسبب وصول الجليد المبكر، وفي ديسمبر ٢٠١٢، انقطعت حبال منصّة تنقيب تابعة لشركة (شل Shell) بينما كانت تقطرُها سفن خلال عاصفة في خليج (ألاسكا) بعد أن تقاذفها البحر، انحرفت في نهاية المطاف إلى ضفاف جزيرة مهجورة. ثمّ أُرسِلَ ٧٠٠ شخص إلى المكان للعمل طوال أسبوع على تعويمها وسحبها إلى مكان آمن. ثبّط هذا الحادث الباهظ الثمن عزيمة الشركة النفطية الّتي علّقت عملياتها كليًّا في المنطقة القطبية الشمالية في العام ٢٠١٣. أيضًا، أعلن العملاق الروسي (غازبروم Gazprom) في يونيو ٢٠١٣ إيقاف مشروع التنقيب في حقل (شتوكمان Chtokman) النفطي في بحر بارنتس (Barents) شمال فنلندا، مع أنّ ذلك المخزون العملاق من الغاز يحوي ما يعادل سنة من الاستهلاك العالمي! لكن لا تخطئوا الظن، فناقلات النفط تدرك تمامًا أنّ الوقت يَصبُّ في صالحها. وهي تلجأ في الوقت الراهن إلى حلول أقل خطرًا وأقل تكلفة. تملك روسيا حقولًا أخرى من النفط أسهل نفاذًا، وباتت أمريكا الشماليّة تستثمر استثمارًا زائدًا في >الغاز الصخري< (Shale gas). لكن بعد عشر أو عشرين سنة تصبح ثروات المنطقة القطبيّة الشماليّة في متناولها بمساعدة الاحتباس الحراري.



إضاءة

الغاز الصخري

هو غاز طبيعي حبيس صخور مساميّة، يكون استثماره عادة أكثر تعقيدًا من استثمار الغاز التقليدي المخزّن في جيوب شاسعة تحت الأرض، إلّا عندما تكون هذه الجيوب كامنة في قعر المحيط القطبي الشمالي.



> أُنقِذَت منصة "شل" هذه في اللّحظات الأخيرة بعد انحرافها في (ألاسكا) ما ثبّط عزيمة سفن البترول.

1ST CLASS S. FRANCIS/US COAST GUARD





٥ هل ستقصد سفن الشحن الشمال؟

الجواب: دون شك، لأنّ المحيط القطبي الشمالي طريق مختصر رائع بين المحيطين الأطلسي والهادئ. دعونا نتذكّر أنّه للإبحار من أوروبا إلى آسيا في السابق، كان من الضروريّ عبور رأس الرجاء الصالح في طرف إفريقيا الجنوبي (انظر الخريطة المرفقة في الصفحة المقابلة). ثمّ في العام ١٨٦٩، تم تدشين قناة السويس في مصر. كان إنجازًا هائلًا سمح باختصار ثلاثة آلاف كلم مع تجنب الالتفاف حول إفريقيا. لا بأس بذلك. إنّ الممرّ الشمالي الشرقي الذي يمتد على طول روسيا شمالًا ويصل إلى المحيط الهادئ عبر مضيق (بيرينغ Béring) يقلّص المسار بمقدار سبعة آلاف كلم إضافية، إنّ المسافة من روتردام إلى طوكيو مثلًا تتقلّص من ٢١١٠٠ إلى ١٤١٠٠كلم، ولا يُفتح هذا الممر الذي تسيطر عليه روسيا إلّا من يونيو إلى نوفمبر في الوقت الراهن، كما تعبره قوافل السفن خلف كاسحات جليد نووية تُبعد الجليد العائم، إلّا أنّ هذا لا يمنعه من استقبال أعداد متزايدة من السفن؛ فقد حصلت ٢٠٤ سفينة على الإذن بعبوره هذه السنة مقابل ٤٦ في العام ٢٠١٢، و٤ فقط في العام ٢٠١١!

تحمل معظم السفن الراية الروسية قاصدة أنهار



> تنفصل كتلة ضخمة من الجليد في جزيرة سبيتزبيرغ Spitzberg (النرويج) Norvège. وتغوص عند غرقها في الماء، يرفع الجليد مستوى البحر.

P. GOLDSTEIN/EXODUS/REX/SIPA

سيبيريا، وهي الطريقة الوحيدة للوصول إلى قلب المنطقة، بيْد أنّ سفن شحن أجنبيّة بدأت بالعبور بين أوروبا وآسيا. بالرغم من أنّ هذا الممر ما يزال بعيدًا عن منافسة قناة السويس (تعبر ٤٠٠ سفينة قناة السويس أسبوعيًّا)، إلا أنّها مسألة سنوات قبل أن تصبح هذه الطريق المختصرة القطبية الشمالية -إلى جانب شقيقتها التوأم في الشمال الغربي، في شمال أمريكا- طريقًا تجاريّة أساسيّة.

المنطقة القطبية الشماليّة بالأرقام

٩٠ مليار عدد براميل البترول التي يحويها باطن أرض المنطقة القطبيّة الشماليّة.

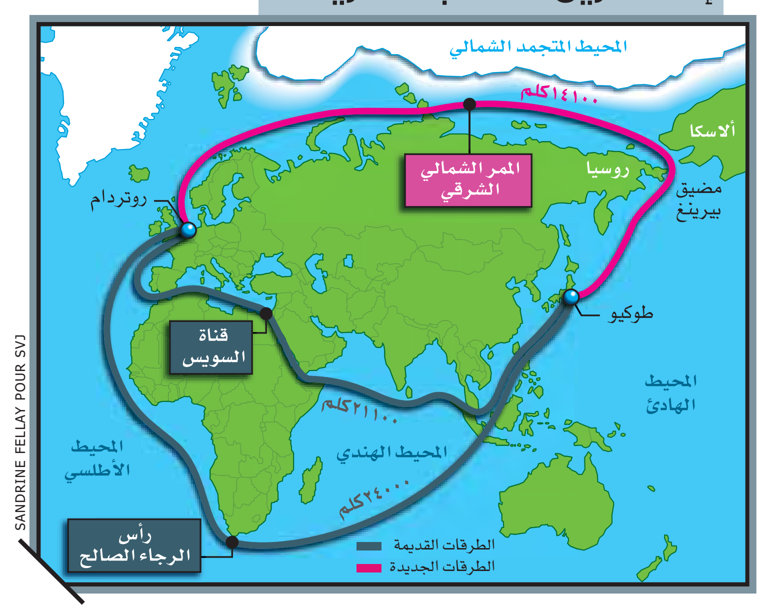
٢٣ مليون كلم مربع. إنها مساحة الأرض الجليدية التي توشك أن تذوب.

٢٥ ألفًا عدد الدببة القطبيّة التي تعيش في المنطقة القطبية الشماليّة.

٧ آلاف عدد الكيلومترات التي تم توفيرها على مسار روتردام – طوكيو مرورًا في الشمال.

٨٪ من مساحة الأرض، هذا ما تمثله الدائرة القطبية الشماليّة.

إنها طريق القطب السريعة!



SANDRINE FELLAY POUR SVJ

٦ هل سيرتفع مستوى المحيطات؟

الجواب: أجل، لكن ليس لذوبان الجليد البحريّ تأثير مباشر في هذه الظاهرة. في الواقع، لأنّه يطفو فوق البحر، فهو يُسهم في مستواه الحالي (كما يؤثّر مكعب ثلجيٌّ في كوب على مستوى السائل الإجمالي في ذلك الكوب)، والماء العذب الذي يصبّ في المحيط المتجمد الشمالي من الكتل الجليدية الواقعة على اليابسة هو المسؤول تقريبًا عن نصف الارتفاع الحالي للمحيطات العالمية (٤٠٪) المقدّر بـ ٣ ملم في السنة! لا تبدو هذه الكميّات كبيرة، لكن وفق حسابات الوكالة الأمريكية التي تدرس المناخ (Noaa)، فإنّ ما لا يقل عن ٧٧٠٠ كلم مكعب من المياه انصبّ في المحيط المتجمد الشمالي في السنوات الأخيرة، أي ما يعادل حوضًا شاسعًا تبلغ مساحته مساحة فرنسا ويبلغ عمقه ١١ مترًا.

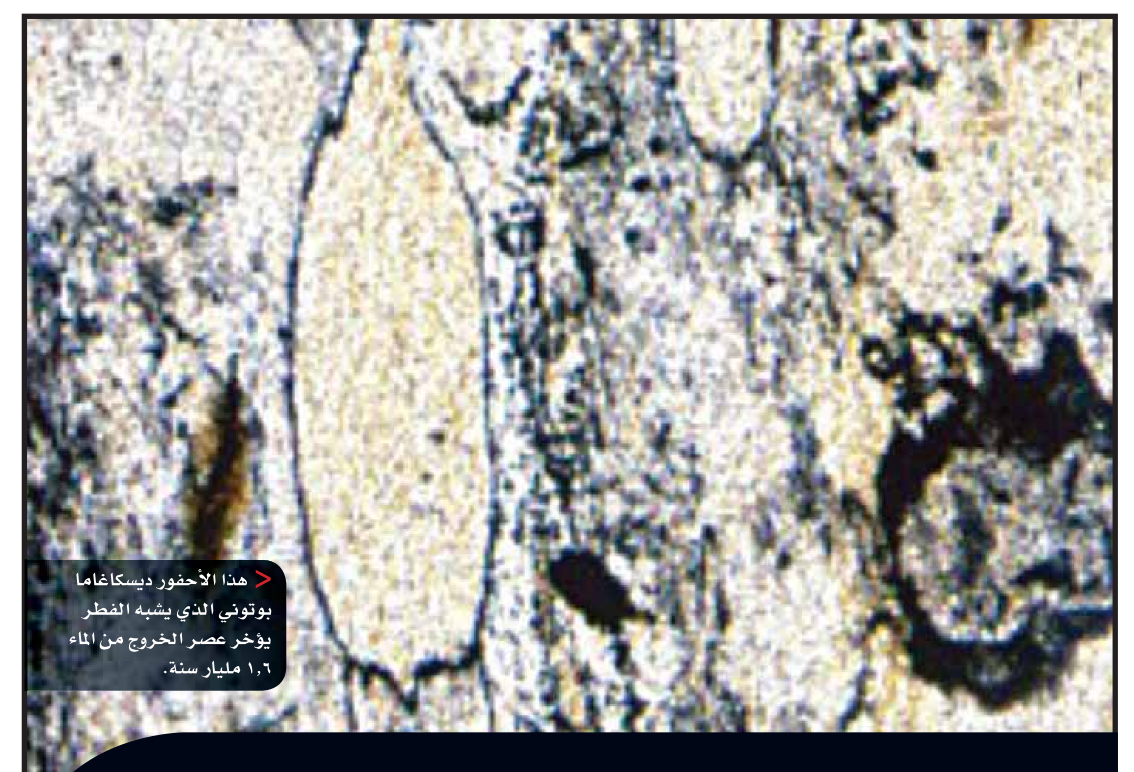
لكن المشكلة هي احتمال تنامي هذه الظاهرة بفعل ذوبان الجليد البحريّ؛ إذ يحيط حاليًّا بكثير من الكتل الجليدية القاريّة (خاصة في غرينلاند) ماء البحر المجمد طوال السنة، وبما أنّها محبوسة، فهي تكاد لا تسهم في ارتفاع الماء. لكن مع انخفاض مساحة الجليد البحريّ، تبدأ الكتل الجليدية التي تحرّرت بدورها بإطلاق جبال جليديّة في المحيط؛ مثل آلاف من مكعّبات الثلج الجديدة في كوب.

إذًا، سيكون للمنطقة القطبية الشماليّة دور كبير في ارتفاع مستوى البحر في المستقبل بنسبة تتراوح بين ٠,٩ و ١,٦م من الآن حتى العام ٢١٠٠، ما يسبب ضررًا للعديد من الجُزر المسكونة والمدن الساحلية. ■

للاستزادة

صَوّر قمر صناعي تطوّر الجليد البحريّ على مدى المواسم. شاهدوا الفيديو على العنوان الآتي: svjlesite.fr

(1) ADIEU BANQUISE..., Science & Vie Junior 289, PP 20-23
(2) Jérôme Blanchart



هذا الأحفور ديسكاغاما بوتوني الذي يشبه الفطر يؤخر عصر الخروج من الماء ١,٦ مليار سنة.

D. M. PHILIPPS/BSIP - P. OXFORD/MINDEN PICTURES - NASA/ESA/DSS2

علم الحفريات

خرجت الحياة من الماء قبل التاريخ المتوقّع بكثير

مع أنّ ظهور الحياة على الأرض ما يزال لغزًا، إلّا أنّ بعض النقاط من تاريخ الحياة لا تزال مطروحة. فالكوكب قد تشكّل منذ ٤,٥٦ مليار سنة، وظهرت الحياة منذ حوالى ٤ مليار سنة في محيط بدائيّ عبر الخلايا الأبسط، ثمّ ظهرت الخلايا ذات النواة منذ مليارَي سنة، وأخيرًا ظهرت كائنات متعدّدة الخلايا منذ ٦٠٠ مليون سنة في الفترة التي ارتقت فيها بعض الكائنات إلى اليابسة.

لكن هذا السيناريو الأساس يهتز أكثر فأكثر كلّ سنة؛ ففي العام ٢٠١٠ أعلن فريق فرنسي عن اكتشاف كائنات متعدّدة الخلايا تعود إلى ملياري سنة (S&V العدد ١١١٥، ص. ٢٠)، هكذا فقد "هرمت" نظريّة الانبثاق من الماء اليومَ؛ فقد أثبت (غريغوري ريتالاك Gregory Retallack) مِن جامعة (أوريغون) منذ فترة وجيزة أنّ الحياة ظهرت على سطح الأرض منذ ٢,٢ مليار سنة ! وهو اكتشاف توصّل إليه بعد تحليل ١٥٣ أحفورًا من جنوب إفريقيا من (ديسكاغاما بوتوني Diskagma buttonii) تحليلًا كيميائيًّا بالأشعّة السينيّة، طوله ١ ملم، وهو أشبه بفطر (جيوسيفون Géosiphon) على هيئة الجرّة؛ فقاعدته أنبوبيّة يعلوها جسم مركَزيّ، ثم كأس مليئة بالخيوط، وقد دفع ذلك الاكتشاف إلى إعادة فحص أحفوريّات أخرى كانت محلّ شك حتى الآن، وإلى رسم ملامح أراضٍ بدائيّة غير متوقّعة!. **E.R.**

الأنابيب النانويّة الكربونيّة

لنعطها فرصة ثانية![1]

بقلم: فينسانت نويريغا[2]

نهايـة حلم. هذا ما اسـتنتجناه -على كلّ حال- مـن قرار مجموعة باير (Bayer) الأخير: في مايو ٢٠١٣، أعلن عملاق الكيمياء الألمانيّ إقفال مصنع الأنابيب النانوية الكربونيّة لديه بسـبب غياب الفرص. إنّها صـدمة حقيقيّة! تذكّروا: منذ عشـر سـنوات، كان رجال العلم لا يثقون إلا بعصـيّات الكربون الفائقـة الدقّـة تلـك، الأرقّ عشـرة آلاف مـرّة من الشـعرة. كنّـا نظنّ لدى الاستماع إليهم بأنّ وجه العالم سيتغيّر، وأنّ البشريّة ستدخل عصر الأنابيب النانويّة الكربونيّة، كما عاشـت عصر الحديد وعصر البرونز، وأقلّ ما نقوله اليـوم هـو أنّ ذلك الحماس اضمحل. فمنذ بضـعة أشـهر، بـات الباحثون والصـناعيّون يُعربـون حتّى عـن "يأس نانـويّ" عميق. بل الأسـوأ من ذلك: يتكلّم بعضـهم بصراحة عن الأنابيب النانويّة بصيغة الماضي، ولا يتأملون إلا بالغرافين، تلك المادة الكربونيّة الجديدة والجميلة الطامحة إلى جذب قسط كبير من تمويل الأبحاث.

إنّ الإعـلان عن موت الأنابيب النانويّة سـابق جـدًّا لأوانه! فهو يؤدّي إلى تجاهل المسـار الوعر وكثير الارتدادات لأيّ مادّة معدّة للاسـتثمار في حياتنا اليوميّـة. البدايـات المحتشـمة يحـل محلها عادة تـردد الصـناعيين الذين يمتنعـون عـن تحمّل كلفـة الطريق الطويلـة نحو الربحيّـة. إنّ حالـة الغيظ الراهنـة نفسـيّة لا ريب في المقـام الأول: قـدرَ الآمال التي أطلقهـا الباحثون والمهندسـون والصـحافيون في منتصـف بداية الألفية الثانية. من المخطيء ومن المصيب؟. اكتشف مهندس ياباني من خلال مجهره في العام ١٩٩١ هذا الترتيب الجزيئيّ شـديد الخصوصّـية الذي يظهر في المختبر خصائص آليّة باهرة وقدرات بصـريّة مذهلة- فضـلًا عن مميّزات حراريّة وكهربائيّة تكاد تكون مثاليّة- لم نشهد مثيلًا له قط، ويقدّم بداهة الأمل للتوصل إلى صناعة مادّة معجزة، تسـمح بابتكار شبكية عين اصـطناعيّة، ودهان لا يسيل، وحتى مصعد فضائي (تخيلوا عمودًا يرتفع ٣٦ ألف كلم!). وقد اعترف المعنيّون في تلك الفترة بأنهم بالغوا إلى الحد الهذيان. لكن بعد الإشادة بأنابيب الكربون النانويّة، فإنّ نبذها بتلك الطريقة المشينة يبدو ضربًا آخر من المغالاة.

> هل نسينا أنّ الكيفلر احتاج إلى ٤٠ سنة ليفرض نفسه؟

علينـا أن نقتنع بأنّ نجـاح مادّة مـا يحتاج إلى الصـبر المديد. نحتاج إلى الوقـت لننتقـل مـن الاكتشـاف الأساسي إلى التطبيق الأكثر طموحًا، وللقضـاء علـى كلّ أنـواع المقاومـة والقصور الذاتي والصعوبات التقنية لإنتاج صـناعي، بهدف التخلّص من المادة المسـتعملة راهنًا. هكذا استغرق الكيفلر أربعين سنة -تقريبًا- ليفرض سـبب وجـوده. أربعون عامًا؟ تبـدو تلك المدّة غير قابلـة للتقليص، لكن عمر الكشـف عن الأنابيـب النانويّة يكاد لم يتجاوز العشـرين عامًـا، وهي مدّة لا تشكل تتمة أكثر من أربع أطروحات لشهادة الدكتوراه.

لا جدوى من إخفاء الأمر، ففضـلًا عن الشـكوك المتعلّقة بتأثيرات سميّة لأنابيـب الكربون النانوية المحتملة، فـإنّ العوائق التقنيّة التي ينبغي تجاوزها ليسـت بقليلة، وتبقى صـناعة الأنابيب النانويّة خاليةً من الشـوائب ومحققةً الخصـائص المطلوبة على مقياس كبير، مهمة صعبة. إلّا أنّه يتم التعاطي مع الموضوع بطريقة أفضل، وكُشف مؤخرًا -في نهاية أغسطس ٢٠١٣- عن وسيلة واعـدة للتحكّم بتركيبتها، وهذا دليل على أنّ قسـمًا من المجتمع لايزال يؤمن بهـا، ولكن بالرغم من تضـاعف التطوّرات الأساسـيّة والتطبيقات الجديدة (رقاقة IBM، وشاشـة هاتف ذكـي...)، إلّا أنّها تمرّ مـن دون أن يلاحظها أحـد، وهـذا ظلم، في عصـر جنـوني كعصـر الغرافـين الراهن. تـرد هذه المادة يوميًّا في مقال صـحفي جديد. إلّا أنّها قد تتعرّض أيضًـا للاستبعاد في أحد الأيام. ■

S.AQUINDO

(1) NANOTUBES DE CARBONE: LAISSONS-LEUR UNE SECONDE CHANCE!, Science & Vie 1154, P 62
(2) Vincent Nouyrigat



بعد ٤٠ عامًا من التعديل الوراثي الأوّل...

إلى أين يتّجه كوكب الكائنات المعدّلة وراثيًا؟[١]

بقلم: إيمانويل مونييه [٢]

S.ELLERINGMANN/LAIF-RÉA - M.KAUFFMAN/TIME-LIFE/GETTY

حمل الكائن الأوّل المعدّل وراثيًا في طيّاته أمل تحسين الكائن الحي يومًا ما لتغذية البشريّة بكاملها ومعالجتها. بعد أربعين عامًا، لم تف ثورة الهندسة الوراثيّة بَعدُ بكلّ وعودها. الكائنات المعدّلة وراثيًا منتشرة في كلّ مكان، لكن المستهلكين لا يرغبون فيها دائمًا في أطباقهم.



^ نجح "ستانلي كوهين" Stanley Cohen و"هيربرت بوير" Herbert Boyer بجعل بكتيريا أكثر مقاومة من خلال تعديل جينومها.

نوفمبر ١٩٧٣ نجح الإنسان في تحسين كائن حي

تجسّد حلم علماء الوراثة القديم ذلك الشهر بربط قِطَع من الحمض النووي لتكوين كائنات جديدة: الكائنات المعدّلة وراثيًا!

"بناء بلازميد بكتيري وظيفي من الناحية الأحيائيّة في المختبر". يا له من إعلان ولادة فائق التزمّت! نشر المقال في نوفمبر ١٩٧٣ في مجلة المعهد الأمريكي للعلوم أو (Revue de l'Académie américaine des sciences) لكن عنوانه افتقر لما يجذب اهتمام الصحف الهامّة. أمّا الاختصاصيون في علم الوراثة، فلم يفُتهم الأمر، بل أدركوا جميعًا أنّ عصرًا جديدًا سيبدأ مع اكتشاف أعمال "هيربرت بوير" Herbert Boyer، عالم الكيمياء الحيويّة في جامعة كاليفورنيا (بيركلي، الولايات المتحدة الأمريكية) و"ستانلي كوهين" Stanley Cohen، الأستاذ في كليّة الطب في جامعة ستانفورد Stanford (كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية). تمكّن هذان الباحثان من ربط طرفي قطعتين من الحمض النووي من نوعين مختلفين من البكتيريا لتصبحا مقاومتين للمضاد الحيوي، ثم أدخلا القطعة الجديدة ضمن جينوم نوع ثالث من البكتيريا أصبحت -من ثَمّ- قادرة على مقاومة المضاد الحيوي نفسه. تمكنا باختصار من صنع الكائن الأوّل المعدّل وراثيًا!

كان الثنائي يستعد لإنجاز ما هو أعظم من ذلك: مقال جديد كانا يعدّانه للنشر بعد بضعة أشهر، يعلنان فيه أنّهما لن يدخلا بعد الآن في جينوم بكتيريا ما مورثات بكتيرية مألوفة، بل مورِثات علجوم قيطم (Xenopus Toad). كانت عملية نقل غير مسبوقة ما كانت لتحدث في الطبيعة من تلقاء نفسها! ومن أسباب تيسير هذا النجاح أنّ طالبًا التقى به بوير قبل بضعة أشهر في يوليو خلال ندوة حول الأحماض النوويّة، سلّمهما تلك المورِثات "جاهزة". ندوة ستبقى في ذاكرة عالم الكيمياء الحيوية طويلًا.

ربّما يمكن تصحيح حتى بعض العيوب الوراثية!

لم يتمالك بوير نفسه، وقد غمره الحماس لأبحاثهما، فأفصح عن هذا الإنجاز وكشف عن كلّ خفاياه. لكن صمتًا مطبقًا إلى حد كاد يكون مهينًا للعالمين تبع ذلك الإعلان: كأن أحدًا لم يدرك التحدي، إلى أن استفاق أحد الزملاء بعد بضعة بيانات مفصّلة قائلًا: "حسنًا، أصبح بإمكاننا الآن إذًا أن ندخل في الجينوم أيّ جزء كان من الحمض النووي!". أدرك أنّ حلمًا قديمًا قدَم علم الوراثة بدأ يتبلور.

يعود الفضل الكبير لتحقيق هذا الحلم إلى اكتشاف إنزيمات القطع مؤخّرًا، أي تلك البروتينات القادرة على قطع أجزاء من الحمض النووي في "مواقع" محدّدة، لكنّنا تمكنّا كذلك منذ فترة وجيزة من "لصق" قِطَع من الحمض النووي -ما سمح في السنة الماضية لـ"بول بيرغ" Paul Berg، وهو مختصّ في الكيمياء الحيوية في جامعة ستانفورد- بربط قطعة من حمض نووي بكتيري بالحمض النووي لفيروس يصيب القرود، لكنّه لم يجرؤ على إدخاله في بكتيريا لأنّ خطر تعرّض كائن بشري لإصابة عن غير قصد كبير للغاية. بوير وكوهين لم يساورهما أيّ تحفظ أخلاقي كهذا، لأنّ حمضهما النوويّ لم يكن -مبدئيًا- ضارًّا.

يحلم بوير بالتطبيق التجاري، لأنّ آفاقه مذهلة، فإذا كان يمكن إدخال أيّ مورثة في بكتيريا -كما أظهرا بعد إتقان التقنية- فهذا يعني إمكانيّة تعديل كلّ أنواع الكائنات لجعلها تنتج المواد العضويّة بكميّات كبيرة: الأنسولين، هرمون النمو، البروتين الفيروسي، بل ربّما نحسّن النباتات ليقاوم الحشرات والأمراض، وحتى تصحيح بعض العيوب الوراثيّة عند الإنسان!

إلّا أنّه في الوقت الحالي، يخشى عدد من خبراء الكيمياء الحيويّة -بالتحديد- الأخطار التي قد تؤدي إليها تلك الاختبارات الجينيّة. ألا نجازف بتخليق أحماض نوويّة جديدة معدية نتائجها مدمرة؟ دفعهما الشك إلى طلب مهلة لتحديد الظروف التي يمكن فيها متابعة تلك التجارب، وهو ما تمّ تحديده في العام ١٩٧٥، في مؤتمر أزيلومار (Asilomar) (كاليفورنيا)، الذي خلّفت مناقشاته المحتدمة ذكرى مريرة لدى بوير، لكنّه لم يكترث، مدركًا أنّ ثورة الهندسة الوراثيّة قد بدأت، ولا شيء يمكنه أن يوقفها.

M.KAUFFMAN/TIME-LIFE/GETTY - S.COHEN/SPL/COSMOS - NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES

< ٨٧ هذا المقال (في الأسفل) الذي وقعه "هيربرت بوير" (الصورة أعلاه) و"ستانلي كوهين"، وهما باحثان أمريكيان، نُشر في نوفمبر ١٩٧٣ في مجلة المعهد الأمريكي للعلوم: نجحا في جعل جرثومة الإشريكيّة القولونيّة "E.coli" (الصورة على اليسار) مقاومة لمضادّ حيوي.





٨ إنجاز يفتح آفاق مهيبة إلى حدّ أنّه ابتداء من العام ١٩٧٥، سيهتم مؤتمر أزيلومار (Asilomar) حصريًا بتلك الاختبارات.

الكائنات المعدّلة وراثيًا، إمكانيات من الخدمات الأحيائيّة تكاد تكون لامتناهية

معالجة السكري، إنتاج المطاط أو زرع سلجم مقاوم، وعدت الكائنات المعدلة وراثيًا بسرعة بتطبيقات مذهلة. جولة في الأفق.


P.GINTER/AFP - R.GAILLARDE/GAMMA - C.BELLAVIA/DIVERGENCE

المستحضرات الصيدلانيّة الأحيائيّة

ابتكار أدوية أحيائيّة

كانت الأبحاث الصيدلانيّة أوّل من عرف أهميّة الكائنات المعدّلة وراثيًا. عند دمج مورِثات بشريّة في البكتيريا، يصبح من الممكن جعلها تنتج كميّات كبيرة من البروتينات العلاجيّة، مثل الأنسولين الذي تم إنتاجه من بكتيريا منذ العام ١٩٧٨ لمرضى السكّري، أو الانتيرفيرون ألفا المستعمل لعلاج اليرقان أو مرض الإيدز، الذي يتطلّب إنتاج غرام منه ٤٠ ألف لتر من الدم البشري. نجد حاليًا أكثر من ٥٠ دواءً بروتينيًا بشريًا وأكثر من مئة في طور الصنع. إنّها بروتينات تُسمّى "مأشوبة" من بينها ٦٠٪ من إنتاج حيوانات معدّلة وراثيًا، و٣٠٪ من بكتيريا أو خميرة و١٠٪ من أصل نباتي. إن كان استعمال أجناس بعيدة عن الإنسان يجبرنا -لاحقًا- على إضفاء طابع إنساني على البروتينات التي حصلنا عليها بإخضاعها لسلسلة من التفاعلات الكيميائيّة التي تقرّبها من تكوينها البشري، فإنّ هذا البعد يحدّ -بالمقابل- من أخطار التلوّث بمسبّبات الأمراض.

الصناعة

حثّ الكائنات الحيّة على العمل

تعمل ليلًا نهارًا، لا تبدّد طاقتها، تلوّث قليلًا وتنجز بفضل إنزيماتها تفاعلات كيميائيّة معقّدة: تتميّز البكتيريا بكلّ الصفات التي تروق للصناعة الكيميائيّة. يبلغ مجموع مبيعات التقنية الحيويّة الصناعيّة السنوي بضعة عشرات مليارات اليورو، وقد يصل في العام ٢٠٣٠ -بحسب بعض الدراسات- إلى ٣٠٠ مليار يورو (ما يعادل ١٥٠٠ مليار ريال سعودي). إنتاج الوقود الحيويّ هو الفرع الرئيس، لكن البلاستيك الحيويّ يتطوّر أيضًا. تساهم الهندسة الوراثيّة في تحسين المتعضيات لتنتج إنزيمات تتكيّف بصورة أفضل مع ظروف الإنتاج الصناعي (أس هيدروجيني pH مرتفع، تكثيف القوام...). مثال على ذلك؟ الحمض النووي الاصطناعي، المستمد من مورثة نباتي مشفّر لمحفّز تشييد إنزيم إيزوبرين يسمح -بعد إدخاله إلى سلالات بكتيرية- بصنع مركب من الإيزوبرين في عملية التخمر. يُستعمل ٨٠٠ ألف طن منه سنويًا لصنع مطّاط الإطارات مثلًا.

اقتصاد: ٧ لترات من النفط لكلّ ليتر من الإيزوبرين. ويعمل روّاد علم أحياء التخليق حاليًا على ابتكار متعضيات مجهريّة محسّنة لصنع هيدروجين حيويّ من الماء.

بحث أساسي

فهم المورِثات

كتمهيـد، يعدّل الباحثـون وراثيًا كائنات لتعزيـز معرفتهـم بعمـل بعض المورثـات وطريقـة التعبير عنهـا. لذلـك استعملت المختبـرات الإنجليزيـة في العـام ٢٠١٢، ١,٧٧ مليون فأرة سمّيت "معطلة المورثة" أو (knock out)، عُطّل فيها عمل مورثة لمراقبة التأثيـر الناجـم عن ذلك (تشـوّه، عقم...) والخـروج بنظريّـات عن دورهـا. كما يمكن استـبدال مـورِث بآخـر من نفس الجينوم القريـب منها، لاختبار أوجه التباين الدقيق بـين البروتينـات المتقاربـة، فنتكلّم عنـد ذلك عن كائنـات "مبدلة المـورِث". وغالبًا ما يتم توفير هذه الفئران من طرف شركات متخصصـة وفـق دلائـل (قوائـم) حسـب نوع المورثة.

طب

معالجة الأمراض الوراثيّة

وعدت الهندسـة الوراثيّة -أيضًا- بهزم الأمراض الوراثيـة في منشـئها باسـتبدال الجين الذي اختلّت وظيفته في بعض الخلايا بنسـخة سـليمة. أولى الأمراض المعنيّة هي -بالتأكيد- الأمراض المسمّاة أحاديّة المورثة، التي يسـبّبها نقص أو غيـاب مورثة واحدة، لكـن المبـدأ قد يعنـي -على المـدى الطويل- أمراضًـا متعدّدة الجينـات أو بعض أمراض السرطان التي تسبّبها سلسلة من الطفرات. بعد بدايـات مخيّبـة للأمل في التسـعينيّات الميلاديـة من القرن الماضـي، بـدأت تتحقّق حـالات الشـفاء الأولى مـن خـلال العـلاج الجيني. كان ذلك حال نقص المناعة الحادّة المركّبـة في العـام ٢٠٠٠، وفي العـام ٢٠١٠، متلازمـة ويسـكوت-ألدريتش (Wisckott-Aldrich)، وهـو مرض من أمراض المناعة، والثلاسـيميا الكـبرى بيتـا، المسـبّبة لفقر حـادّ في الدم. في تلك الحـالات الثلاث، تم الشـفاء بعد إدخال نسخة سليمة من المورثة المريضة في خلايا النخاع الشوكي الجذعيّة، وذلـك لإكمال المورثة المتغيرة ثم اسـتبداله في العلاجـات الحاليّة. تتنـاول الاختبارات -أيضًـا- الأمراض الوراثيّـة التي تصيـب الجلد والعين (التهاب الشـبكيّة الصـبغي) أو أمراض التلف العصبي.



P.GINTER/AFP - R.GAILLARDE/GAMMA - C.BELLAVIA/DIVERGENCE

الزراعة

منتجات أوفر ذو نوعية أفضل

تسـرّع إمكانيّة تعديل جينوم النبات المـزروع مباشـرة وفـق المـراد عمليّـة التهجين والاختيار الطويلة التي تتم منذ آلاف السـنوات للحصـول على أصنـاف أكـثر إنتاجيّـة "أكثر مقاومة" ومتّسـمة بطعـم وقوام أفضـل. في الوقت الحالي، يتطـوّر النبات المعـدّل وراثيًّـا في القارّة الأمريكيـة: إذ جمعت الولايـات المتّحدة الأمريكيـة والبرازيـل والأرجنتين وكندا في حدّ ذاتها في العام ٢٠١٢، ١٤٢ مليون هكتار من الكائنـات المعدّلة وراثيًّا، على مسـاحة عالميّة تقدّر بـ١٧٠ مليون هكتار (أقل بقليل من ١٠٪ من مسـاحة الأرض المزروعـة). يسـتأثر بالزراعـة: القطن والصويا والذرة والسلجم المعدّلين وراثيًا لمقاومـة مبيـدات الأعشـاب و/أو تنتـج بنفسـها مادّة أو عـددًا من مواد مبيدات الحشـرات، لكـن المشـروعات كثيـرة لإدخـال وظائـف أكـثر تعقيدًا، خاصّـة الأصنـاف القادرة على مقاومة الجفاف بصـورة أفضـل، ونقص النتروجـين أو اكتسـاب بعض المغذيّات الضرورية، كما أجريت عملية نقل مورِثات -أيضًا- على الماشـية لزيـادة إنتاجهـا مـن الحليـب أو تعزيـز نموهـا مثـلًا، إلّا أنّـه لـم يسمح بعدُ باستهلاك أيٍّ هذه الحيوانات المعدّلة وراثيًّا.

الهندسة الوراثيّة
٣ تقنيات لتصويب الرمي

تأثيرات عشوائية، انتهاك خطر لحاجز الأنواع... حصدت الكائنات المعدلة وراثيًا الناجمة عن عملية نقل موَرِثات اللوم. وتحاول الآن تقنيات جديدة الرد على ذلك.

عملية نقل الموَرِثات: تقنية نقل مورثات عشوائية للغاية

حالما يتـم تحديد المورثة محلّ الاهتمام -أي المورثة الذي نرغب في إضافتها- يتـم -مسبقًا- إنتاج نسخ عديدة منها. توضع المورثة بعد ذلك في ناقل ملائم: جينوم الفيروس، والبلازميد البكتيري (حمض نووي صغير حلقي) القادر على نقل موَرِثاته، لكن عمليّة النقل تتميز بعشوائية مزدوجة: وحدها بعض الخلايا المستهدفة ستقبل المورثة فعلًا، كما أن المورثة تندمج في موقع عشوائي ضمن الحمض النووي المستهدف وأحيانا بنسخ متعددة. يتعذّر -إذن- التنبّؤ بالصيغة الناتجة، وإذا كانت المورثة المدمجة من نوع بعيد للغاية، نتكلم عن عمليّة نقل موَرِثات دخيلة (transgenesis)، وإذا أتى من النوع نفسه لكن من صنف مختلف فهي عملية نقل موَرِثات من النوع نفسه (cisgenesis).

التقنية رقم ١: تغيير موَرِث طبيعي

بدلًا من إقحام موَرِث غريب، يُستحب تغيير إحدى موَرِثات الكائن الحي نفسه. لهذا الغرض، يتم تركيب سلسلة من النوكليوتيدات (عناصر الحمض النووي الأساسية) في المختبر، ذات سلسلة مشابهة لسلسلة الموَرِث المختار، إلّا في المكان الذي نرغب في إحداث طفرة فيه. يحلّ ذلك الجزء المُقتطع محل السلسلة الأصليّة عندما يتكاثر الحمض النووي.

التقنية رقم ٢: منع التعبير عن مورثة مستهدفة

بدلًا من إدخال مورثة جديدة -المقصود هذه المرّة هو توقيف عمل مورثة موجودة سابقًا- يتم مثلًا إضافة مجموعات ميثيل إلى المورثة لتكوين معقد معروف يمنع استنساخ الحمض النووي (DNA). لهذه الغاية، يُثبّت إنزيم الميثلة (methylation enzyme) على جزء من الحمض النووي الريبي (RNA) تكون سلسلته من النوكليوتيد ملائمة لسلسلة المورثة التي نريد توقيفها. يُثبّت ذلك الجزء من الحمض النووي الريبي على المورثة المستهدفة فيحول الميثيل دون قراءتها.

التقنية رقم ٣: قطع منطقة محدّدة من الحمض النووي لإدخال مورثات موَرِث

تقنية تسمّى "نوكلياز إصبع الزنك"، وتسمح بقطع الحمض النووي في مكان محدّد بفضل معقدات بروتينية قادرة على التثبت في تتابعات محددة. عند إضافة المورثة محلّ الاهتمام في النوكلياز، يمكن إدخالها في مكان القطع المحدّد، حيث تعبر عن نفسها -لاحقًا- بطريقة مثلى.


١- قطعة من مورثة ملائمة حاملة لطفرة...
قطعة من مورثة ملائمة حاملة لطفرة وراثية
تثبيت
٢- ...يتثبت على المورثة ويغيرها
المورثة المعدة للتغيير
٣- حالما يثبت على المورثة المعدة للتغيير...
طفرة
٤- ...الطفرة باتت جزءًا لا يتجزأ من الجينوم
نقل الطفرة في المورثة المعدة للتغيير
١- إنزيم قادر على منع قراءة الحمض النووي يتثبت على سلسلة من الحمض النووي الريبي...
إنزيم
مركب الميثيل
تثبيت
سلسلة من الحمض النووي الريبي
٢- ...ملائمة للمورثة التي يتعين توقيف عملها ويتثبت عليها
المورثة التي يتعين توقيف عملها
٣- مورثة مستهدفة حاملة للميثيل تصبح قراءتها مستحيلة
مورثة مميثلة
مركب الميثيل
سلسلة الحمض النووي الريبي وإنزيمها لن يحفظا
١- إنزيمان يتسمان بجزء استبانة وبجزء قاطع...
جزء استبانة
جزء قاطع
٢- ...سيثبتان في مكان محدد من الحمض النووي لاقتطاعه...
تثبيت
قطع
٣- ...ويسمحان للمورثة الجديدة المتسمة بطرفين ملائمين...
إدخال
مورثة جديدة
٤- ...بالدخول فعليًا ضمن الجينوم
مورثة جديدة تم إدخالها ضمن الجينوم

تغذية الكائنات المعدّلة وراثيًا تسعى للعودة؟

بين الصناعة الحيوية والمستهلكين، الطلاق سياسي وصحي. تفرض ثورة وراثيّة جديدة نفسها مع كائنات معدّلة وراثيّا «مسوغة» بشكل أفضل.

استسلمت شركة البذور الأمريكية (مونسانتو) في يوليو ٢٠١٣: وسحبت كلّ طلبات الموافقة على أيّ زراعة جديدة تقوم على عمليّة نقل مورِثات في الاتّحاد الأوروبي. من المتوقّع أن تستمر فقط بزراعة الذُّرة (MON810). لم تعد المسألة تستحق العناء للرائد عالميًا في صناعة الأغذية المعدلة وراثيًا، فقد تحوّل كل طلب إذن إلى عملية مستعصية نظرًا لعداء المستهلكين الأوروبيين العنيف. تبلغ تكلفة العمليّة عشرات ملايين اليورو للحصول على الضوء الأخضر من الوكالة الأوروبيّة للأمن الغذائي (EFSA)، وهي موافقة قد تعارضها الدول الأعضاء على كلّ حال. ترفض تسع دول منها -في الواقع- زراعة الذُّرة (MON810) على أرضها (ألمانيا والنمسا وبلغاريا وفرنسا واليونان وهنغاريا وإيطاليا ولوكسمبورغ وبولندا).

٧٩٪ من الفرنسيين قلقون

توقّع العلماء المجتمعون في ١٩٧٥ في مؤتمر أزيلومار (كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية)، أن تثير الكائنات المعدّلة وراثيًا القلق، إلّا أنّ العوائق أتت من حيث لا يتوقّعها أحد: كان الخوف من خطر العدوى الناجمة عن إنتاج بكتيريا أو فيروس جديد، لكن الخطر الغذائي الذي أثاره المستهلكون هو الذي يواجهه العلماء، وهي معارضة لا هوادة فيها، بل على العكس! فقد أُثيرت مجدّدًا في فرنسا، في سبتمبر ٢٠١٢، من خلال الدراسة الشهيرة التي قدّمها عالم الوراثة "جيل اريك سيراليني" Gilles-Eric Séralini من جامعة كان (Caen) التي أشارت إلى سمّيّة محتملة للذرة (NK603)، وبالرغم من تشكّك العلماء في دقة استنتاجاته (راجع الإطار "ملحمة الكائنات المعدلة وراثيًا في مجلة العلم والحياة" صفحة ١٨)، انطبعت في ذهن الجمهور صور الجرذ الذي شوّهته أورام بحجم كرات تنس الطاولة بعد أن اقتات طوال أشهر بالذرة المعدلة وراثيًا.

والإحصاءات التي أجراها في العام ٢٠١٢ معهدا "الإحصاء والإستشارة والتحليل" (CSA) و"المعهد الفرنسي للرأي العام"، (Ifop) واضحة: إنّ ٧١ إلى ٧٩٪ من الفرنسيين قلقون على سلامتهم الغذائيّة من الأخطار التي قد تسبّبها الكائنات المعدّلة وراثيًا. وهذه النتيجة لم يسبق لها أن كانت مرتفعة إلى هذا الحد. في ديسمبر ٢٠١١، أعلن ٤ فرنسيين من ٥ معارضتهم تلك الزراعة في الحقول، بينما أبدى ٩ من ١٠ تأييدهم لإرساء تسمية "من دون كائنات معدّلة وراثيًا" على منتجاتهم الغذائية. بيْد أنّ التخريب المتكرر الذي تتعرّض له حقول المزروعات المعدلة وراثيًا -بما فيها المزروعات المخصصة للأبحاث- أدّى في نهاية المطاف إلى إحباط الاستثمارات في فرنسا، وهذا في الوقت الذي صدرت فيه الموافقة على الأدوية الحيويّة المصنوعة من الكائنات المعدّلة وراثيًا، والعلاجات الجينية. ما السبب؟ سلسلة من الأخطاء الاستراتيجية. بدءًا برغبة شركات البذور في نهاية التسعينيّات الميلادية من القرن الماضي -مباشرة بعد أزمة جنون البقر- في وضع المستهلكين أمام الأمر الواقع بإدخال كميّات كبيرة من الحبوب المعدّلة وراثيًا.

كما أدّت طبيعة أولى عمليّات الزراعة المعدّلة لتحمُّل مبيدات للحشرات (التي يمكن أن ننشرها -من ثَمّ- كما نشاء) إلى طرح العديد من الأسئلة الصحيّة: هل استهلاكها خالٍ حقًّا من الخطر؟ إن كان معظم علماء السموم مقتنعين بغياب الخطر، يتساءل بعضهم إن كانت الاختبارات التي أجريت على جرذان خلال ثلاثة أشهر كافية لإثبات عدم سمّيّة منتج ربّما نستهلكه طوال حياتنا. كما يشير العلماء إلى التناقض المتمثّل في تفويض اختبارات من هذا النوع إلى شركات البذور نفسها. من جهتهم، يساور المزارعين "التقليديين" والمنتجين للأطعمة العضوية القلقُ من خطر تفشّي عمليّات نقل المورِثات في زراعتهم، وفي النهاية، أدّت ←



^ تعمل مختبرات للتوصل إلى جيل جديد من الكائنات المعدلة وراثيًا (هنا، ذرة في بيت محمي في المعهد الوطني للأبحاث الزراعية)...

A.JOCARD/AFP - A.DEVOUARD/RÉA - AFP - F.MARVAUX/RÉA



^ تحمل فائدة حقيقية للمستهلك (هنا أعلاه، زراعة أرز معدل وراثيًا في مزرعة في وهان، الصين)...



^ وقد تحصل بسهولة أكبر على موافقة السلطات الأوروبية.

← المخاوف الاجتماعيّة والاقتصاديّة -مثل الخوف من تنامي اعتماد المزارعين على شركات البذور الكبرى التي تسارع لتجيز ابتكاراتهم- إلى إعطاء الجدال طابعًا سياسيًّا أكثر منه علميًّا.

هل حلّت -إذًا- مسألة الكائنات المعدّلة وراثيًّا في أوروبا؟ هذا ليس مؤكّدًا، لأنّ جيلًا جديدًا من الكائنات المعدّلة وراثيًّا المتّسمة بوظائف "أسمى" تستعدّ لتولّي المهمّة مع نبات مقاوم للجفاف، أو قادر على تحمّل تربة فقيرة تحتاج إلى كميّات أقل من الأسمدة. انطلقت تجارب جديدة في العام ٢٠١٢ في السويد وفي الولايات المتحدة الأمريكية، وبدأت مونسانتو (Monsanto) بتسويق ذرة مقاومة للجفاف. لكن الطموحات لا تتوقّف هنا: يطوّر علماء كنديون منذ العام ١٩٩٩ حيوانات معدّلة وراثيًّا لإنتاج إنزيم "فيتاز" (Phytase) في لعابها الذي يسمح لها باستيعاب الفوسفور بصورة أفضل، ما يخفّض كميّات الفوسفات في برازها. إنّها حجّة بيئيّة قد تساهم في التمهيد لتقبّلها.

ثمّة منفذ آخر تمثّله الكائنات المعدّلة وراثيًّا و تعطي فوائد حقيقيّة للمستهلك، لا سيما أنّ تلك الراهنة لا تقدّم أيّ فائدة على الإطلاق، فقد نجح باحثون في جامعة تكساس إيه أند إم Texas A&M (كوليج ستيشن، الولايات المتحدة الأمريكية) في إنتاج جزرة يزيد استهلاكها المنتظم بنسبة ٤١٪ من كميّة الكالسيوم الممتص. يمكننا -حسب قولهم- أن نكافح هشاشة العظام بتعديل مجموعة كبيرة من الفاكهة والخضار. أمثلة أخرى: التفاحة أركتيك (Arctic) لا يتغيّر لونها بعد قطعها بفضل مورّثات تحدّ من نسبة إنزيم أكسدة عديدات الفينول، نسخة جديدة عن الأرز الذهبي المشبع بالفيتامين (أ) قادر على تأمين مكمّل كاف لتغطية الحاجات اليوميّة ربما يبدأ تسويقه في العام ٢٠١٤، كما أنّ من المتوقّع -أيضًا- إثراء الكاسافا بتخفيض مضمونه من السيانيد (ومن ثمّ خطر التسمّم) فضلًا عن الذّرة الرفيعة التي نحاول تسهيل هضمها.

تجنّب الإجراءات الباهظة الثمن

قد تعود الكائنات المعدّلة وراثيًّا إلى أوروبا بأشكال أخرى مع تطوير تقنيات جديدة من الهندسة الوراثيّة (راجع الصفحتين ١٤-١٥)، مثل نيوكلياز إصبع الزنك، وهي إنزيمات تسمح بالسيطرة على المكان المحدد الذي تدخل فيه المورثة الجديدة. وتذهب النزعة الراهنة إلى تجنّب الأعمال المخالفة للطبيعة بإدخال مورّثات مشتقة من ذات النوع، أو من نوع قريب للغاية منه (نقل مورّثات من النوع نفسه)، بتغيير مورّثات الجسم (توليد الطفرة أو التطفر) أو حتى عند تعديل تعبيرها (الميثلة، تداخل الحمض النووي الريبي). هل تُنتج تلك التلاعبات أيضًا كائنات معدّلة وراثيًّا، وإن كانت لا تزيد على كونها تسرّع عمليات قابلة للحصول بطريقة طبيعية؟ يناقَش هذا السؤال القانوني منذ سنوات عدة في المفوضية الأوروبية. لاحظ الصناعيّون فائدة الاستثمار في هذه المنطقة الرماديّة لإنتاج كائنات، التي وفقًا لفهمنا للنص القانوني، يمكن ألا تعدُّ كائنات معدّلة وراثيًّا كليًّا بحسب اقتراح سلطات التنظيم الأمريكية، ما يسمح لهم بالتخلّص من إجراءات التراخيص المكلفة ومن رفض المستهلكين، لذلك تلحق التعليمات التي أصدرها الإتحاد الأوروبي سنة ٢٠١٢ الأصناف الناتجة من التطفر بالكائنات المعدلة وراثيًّا، لكنها تعفيها من إجراءات التقويم والترخيص الذي يخضع لها النبات الناجم عن عملية نقل المورثات.

الرهان عظيم، ولم يغفل عنه الناشطون المناهضون للكائنات المعدّلة وراثيًّا. في يوليو ٢٠١٣، حذّرت رسالة مفتوحة من اتحاد المزارعين وثماني منظمات غير حكومية، وموجهة لوزير الزراعة من تنامي استخدام التطفر لإنتاج نبات مقاوم لمبيدات الأعشاب، مذكّرين صناعة التقنيات الحيويّة بعدم الاستسلام للأوهام، فالعوائق لا تزال قائمة. ■

ملحمة الكائنات المعدلة وراثيًا في مجلة العلم والحياة (Science & Vie)

إن رغبتم في معرفة المزيد والاطلاع على المراحل الرئيسة لتلك المغامرة الفوضويّة من الهندسة الوراثيّة، ندعوكم إلى الخوض في أرشيفنا على شبكة الإنترنت (http://archives.science-et-vie.com/). تابعت مجلة العلم والحياة في الواقع طوال أربعين عامًا مراحل ثورة الكائنات المعدّلة وراثيًّا الكبيرة، مثل تطوير تقنية المورثات الواسمة (رقم ١٠١٧، يونيو ٢٠٠٢، "وصلت الكائنات المعدّلة وراثيًّا الأولى من الجيل الثاني") أو الإنتشار العالمي للمزروعات المعدلة وراثيًا (رقم ١٠٧٤، مارس ٢٠٠٧، "تجاوزت الكائنات المعدّلة وراثيًّا نسبة الـ ٧٪ من المساحة المزروعة")... وقد لفتنا دائمًا الانتباه إلى أخطارها عند اللزوم. حالما وصلت الكائنات الأولى المعدّلة وراثيًّا إلى السوق الأوروبيّة، في العام ١٩٩٦، حاولنا إظهار الأخطار الصحيّة والبيئيّة أو الاجتماعيّة المرتبطة بالنبات الجديد من دون أيّ انحياز (رقم ٩٥٠، نوفمبر ١٩٩٦، "التقنية الحيوية: أي ثورة؟"). هذا الالتزام هو الذي قادنا -وقد يُصدم بذلك بعض قرّائنا- إلى الشك في الاستنتاجات المخيفة التي خلصت إليها دراسة "جيل-إريك سيراليني" Gilles-Eric Séralini (الرقم ١١٤٢، نوفمبر ٢٠١٢، "التسمم الإعلامي").



(1) 40 ANS APRÈS LA PREMIÈRE MODIFICATION GÉNÉTIQUE… OÙ VA LA PLANÈTE OGM?, Science & Vie 1154, PP 120-130
(2) EMMANUEL MONNIER

بوضوح وإتقان

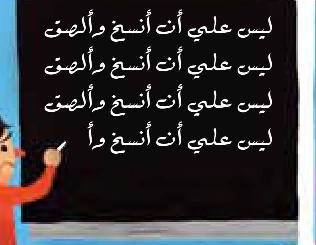
بقلم: فيليب فونتان [1]

أيمكنني أن أنسخ وألصق معلومات من شبكة الإنترنت أستعملها في واجبي المدرسي؟[2]

ستُفاجؤون بلا شكّ، لكن بلى، هذا أمر محبّذ تمامًا. دعونا نتّفق: ليس المطلوب منكم نهب شبكة الإنترنت. لكن نسخ جملة كتبها مؤلّف شهير أو باحث أو أيّ خبير آخر خطوة يحبّذها معظم المعلمين. لماذا؟ لأنّكم تظهرون بذلك أنكم وإن لم تكونوا متمكّنين من الموضوع، إلا أنّكم بذلتم جهدًا في البحث عمّن يتناول الموضوع بأفضل طريقة ممكنة. لا بدّ من توضيح ثلاثة تفاصيل هامة: أولًا، لا تغالوا في اللّجوء إلى هذه العمليّة، إذ يتوقّع الأستاذ أن يقرأ نثركم وليس جمعًا لأهم الاقتباسات عن موضوع الواجب المدرسي. ثانيًا، ضعوا المقطع المُقتَبس بين علامتي الاقتباس بشكل واضح، والأهم من ذلك، حدّدوا اسم الكاتب. "ماذا لو أردت أن أنسخ مقالًا كاملًا من ويكيبيديا أو مقطعًا كاملًا من مدونة يشرح فترة بيكاسو Picasso الزرقاء؟" هذا ممنوع! "هيّا، فقط جملة أو جملتان عن فترته الزهريّة إذًا؟" لا داعي للإصرار! لا يزال الجواب لا! هذه الممارسة تحمل اسمًا وهو السّرقة الأدبيّة ويعاقب عليها القانون. بالطبع لن يزجّ بكم في السجن لأنّكم اقتبستم نصف واجبكم المدرسي من شبكة الإنترنت. تعرفون العقاب جيّدًا، هو علامة سيّئة، وفي حال تكرار "الجُرم"، ستحصلون على تعليق جميل في تقرير علاماتكم المدرسي، وهذا ليس من الرقي في شيء. لكن حسنًا، علينا أن نعترف بأنّ الغش يستهوينا أحيانًا فعلًا. فعندما نكتشف -مثلًا- أنّ معلّم الحساب أو الفيزياء يعطينا تمارين حمّلها من شبكة الإنترنت بدلًا من أن يجهد نفسه ويبتكرها، يكفي عند ذلك أن ننسخ بيان المسألة في محرّك البحث لنجد الحلّ. هذا أمر مفرط في السهولة. تشير دراسة أجرتها شركة كومبيلاسيو (Compilatio) أنّ طالبًا من اثنين يمارس هذا النوع من النّسخ، وقد شنّ المعلّمون الهجوم المضادّ بعد أن تجاوزت الظاهرة حدود المعقول، وما سلاحهم الرئيس؟ جوجل بالطبع! يكفي أن ننسخ جملة لنجد -حالًا- مصدرها على الشبكة العنكبوتية. أتشكون في ذلك؟ قوموا بالاختبار. افتحوا الموقع www.labosvj.fr وانسخوا جملة اخترتموها عشوائيًّا على الشبكة، ثم الصقوها في جوجل: فيظهر المقال المقصود في رأس قائمة نتيجة البحث، ولا تفكّروا في خداع المحرّك بتغيير بضع كلمات. حتى لو حذفتم نصف الجملة وطبعتم أيّ كلمة أخرى مكانها، سينجح جوجل بالعودة إلى مصدر المعلومات. هذا محبط نفسيًّا أليس كذلك؟ بل يملك المعلّمون سلاحًا أكثر تطوّرًا: برمجيّة تحلل كامل واجبكم المدرسي وتعرض الروابط على الصفحات كلها التي "استقيتم إلهامكم منها". لا مفر منه. يستعمل هذا النوع من البرامج في الواقع على الصعيد الجامعي بشكل خاص. لكن المحرّر كومبيلاسيو (Compilation) الذي يسوّق أحد تلك البرمجيّات، يؤكّد أنّ عددًا متزايدًا من أساتذة المدارس الثانوية يلجؤون إلى ذلك. وها قد تمّ تحذيركم. ■







من النرويج

النّسخ واللّصق ليس خاصيّة فرنسيّة. فالنرويج تواجه هذه المشكلة أيضًا. الدليل: فيلم مضحك أنتجته جامعة بيرغن Bergen. يظهر طالبًا كلفه أستاذ الفيزياء واجبًا دراسيًا. فانتظر اللحظات الأخيرة ليقوم به وقرر أن ينسخ كل المعلومات من شبكة الإنترنت. حينئذ يتجلى له، جيمس شبح السرقة الأدبية، الذي يشرح للطالب العقوبات التي سيواجهها إن سلّم واجبًا دراسيًا كهذا. والباقي على يوتيوب YouTube، الكلمات المفتاحية "Et Plagieringseventyr". الفيلم مترجم إلى الإنجليزية، لكنّنا نفهم جيّدًا ما يُقال.

(1) Philippe Fontaine
(2) PUIS-JE FAIRE DU COPIER-COLLER SUR LE NET POUR MON DEVOIR À LA MAISON?, Science & Vie Junior 289, P 91

بوضوح وإتقان

بقلم: فيليب فونتان [1]

أيمكنني أن أضع صورة صديق على شبكة الإنترنت من دون موافقته؟ [2]

هذا غير مستحسن وإن كان شائعًا. لنفهم السبب، لا بدّ من التذكير قليلًا بالقانون. تنص المادة ٢٢٦-١ من قانون العقوبات في فرنسا على أن نشر صورة شخص من دون إذنه في مكان خاص، عرضة لغرامة قدرها ٤٥ ألف يورو (ما يعادل ٢٢٥ ألف ريال سعودي) وسنة من السجن. لكن النص يحدد: "إلّا أنه في حال تم التقاط صورة لشخص بمرأى منه وبعلمه من دون أن يبدي اعتراضه فيما هو قادر على ذلك، فهو يُعدُّ موافقًا حكمًا." إذًا، في حال صوّرت صديقًا في حفل ما وطلبتُ منه أن يبتسم ابتسامة عريضة، أو صورتُ مجموعة من الأصدقاء دون أن أختبئ، أيمكنني أن أضع صورتهم في مدونتي؟ في الواقع، ليس بالضرورة، كما أشارت لنا المحامية "ماري سوليز" Marie Soulez: "قبول شخص بأن تُلتقط صورته لا يفيد ضمنًا بموافقته على نشرها على شبكة الإنترنت، التي تُعدُّ مساحة عامة". بمعنى أوضح، إن أردت عرض صورة أحد الأصدقاء على حائط صفحتك على فيس بوك، يتعيّن عليك -نظريًا- الحصول على موافقته "الخطيّة" وهذا ليس كلّ شيء. فإن كان قاصرًا، وجب عليك الحصول على موافقة والديه وليس موافقته، ولا أحد يتوقّع منك عمليًا طلب ملأ استمارة الإذن من والدي الأصدقاء الذين ترغب في نشر صورهم، ولكن انتبه، في حال طلب أحد منك حذف صورة وضعتها على شبكة الإنترنت، عليك الإسراع بحذفها، فلا مزاح في فرنسا بخصوص احترام الحياة الخاصّة، وقد يستدعيك قاض ليذكرك بذلك، إلّا أنّ احتمالات إدانتك محدودة في حال لم تمسّ الصورة كرامة الشخص المصور، أمّا إذا ثبت العكس، فقد تخسر كثيرًا.

لا تفكر مثلًا في تركيب صورة شخص للسخرية منه. بوسعنا فعل أشياء مضحكة للغاية بوساطة برمجيّة مورفينغ morphing، لكن تذكّر أنّ الحدّ الفاصل بين المزاح والإهانة رفيع للغاية أحيانًا. ففي حال أبلغ شخص، غيّرت مظهره باستخدام هذا البرنامج، والديه فتقدما بشكوى، ربما يُحكم على والديك بدفع غرامة ثقيلة إذا كنت قاصرًا: حتى ١٥ ألف يورو في أسوأ الحالات. توخّ الحذر في تعليقاتك، فعرض صورة شخص لا تحبّه على جدارك على فيس بوك ومرافقتها بالإهانات أو الأكاذيب أو التعليقات المحفّزة على الكراهيّة، يعرّض والديك إلى عقوبات أسوأ. ناهيك عن أنّ الصورة تخرج بعد نشرها عن نطاق سيطرتك، وقد تنسخ وتنشر على نطاق أوسع من الذي تصورته في البداية. ■





وصور الآخرين؟

كنت تحلم بذلك الحفل، لكن الأنفلونزا المريعة جعلتك طريح الفراش. بعد أن شفيت، حمّلت صور الحفل من صفحة أحد الأصدقاء في فيس بوك، لتضعها على صفحتك. في الواقع، لقد خرقت بهذا التصرف قانونين، فهذه الصور ملك لمن التقطها (إنه حق المؤلف)، ثم إنّه لا يحقّ لك أن تنشرها لمجرّد حصوله هو على حق نشرها (إنّه الحق في الخصوصيّة). في هذه الحالة بالذات، المسألة ليست خطيرة للغاية، لكن لتجنّب المشكلات، لا تعرض صورًا لم تلتقطها دون استئذان المصور، والأشخاص الذين يظهرون في تلك الصور.

(1) Philippe Fontaine
(2) PUIS-JE POSTER LA PHOTO D'UN POTE SANS SON AUTORISATION?, Science & Vie Junior 291, P 91

بوضوح وإتقان

بقلم: فيليب فونتان [1]

كيف نتأكّد من أنّ موقعًا على شبكة الإنترنت خالٍ من الفيروسات؟[2]

لسوء الحظ هذا مستحيل؛ إنّ مجرّد فتح صفحة على شبكة الإنترنت يصيب حاسوبكم بالعدوى، بل دونَ أن تدركوا الأمر أحيانًا. كيف يؤثّر الفيروس في الحاسوب بهذه السهولة؟ إليكم ما يحصل: عندما تنقرون على رابط يصل إلى موقع إلكتروني، ينفّذ المتصفّح (فايرفوكس، وإكسبلورير، وكروم...) العمليّات الضروريّة لعرض النّص، والصور، أو أفلام الفيديو أيضًا، كما يفتح برامج صغيرة أو نصوصًا مخصّصة -مثلًا- لتغيير الإعلانات تلقائيًّا، أو إدارة محرّك البحث، فيختبئ الفيروس في تلك النصوص، وينشط حالما يُفتح البرنامج، فيبحث عن خطأ في إجراءات الأمان: أيّ عن خلل في جهاز حماية المتصفّح والبرمجيّات المختلفة، أو المكوّنات المرتبطة بها (فلاش، أدوب ريدر، جافا...). إنّها حالة متكرّرة في أجهزة الحاسوب التي يجري تحديثُها بانتظام، وحين يعثر الفيروس على خلل يسيطر نوعًا ما على متصفّحكم، فيأمره بالتوجّه إلى خادم قرصان إنترنت لتحميل ملفٍّ سيصيب البرنامج الضعيف بالفيروس، ربما يكون مثلًا: (أدوب ريدر Adobe Reader). في تلك الحالة، يختبئ الفيروس في مستند (PDF) الذي يُفتَح تلقائيًّا دون أن تنقروا عليه، فيصيب حاسوبكم بالعدوى. إنه اعتداء خفيّ! لا تتصوّروا أنّ هذا النوع من الأحداث المزعجة مقتصر على المواقع "الحسّاسة" كالّتي تقدّم برامج لتغيير برمجيات ألعاب الفيديو؛ فقد تُنقل إليكم العدوى أيضًا أثناء زيارتكم لصفحة محترمة للغاية على شبكة الإنترنت كمدوّنة النجم الكوميديّ المفضّل لديكم، وإن كان هذا أمر أندر حدوثًا. بعد ذلك؟ حالتان أساسيّتان: إمّا أن يظهر الفيروس في الحين، وإمّا أن يبقى مختبئًا في انتظار موعده. في الحالة الأولى، قد يتنكّر في هيئة مضاد الفيروسات (وهذا يتجاوز الحد) ويتظاهر بأنّه يمسح حاسوبكم قبل إبلاغكم أنّه مصاب بالفيروس، ومن تأثيراته المُذهلة أيضًا أنّه يوقف الحاسوب، ويَعرض إعلانًا من وزارة الداخليّة يتّهمكم بتحميل موسيقى أو أفلام فيديو بطريقة غير شرعيّة، بل ويلتقط لكم صورة ويعرضُها على الشاشة إن كان جهازكم مزوّدًا بكاميرا الويب، وتُضطّرون -في كلّ مرّة- إلى دفع مبلغ مالي لإعادة الأمور إلى نصابها. لكن الأهم ألا تستجيبوا أبدًا؛ فالوضع سيزداد تعقيدًا في حال إعطائكم بياناتكم الشخصيّة. الفيروس الذي ينشط بعد فترة هو الأكثر خطورة؛ فهو يتفحّص -سرًّا- كلّ تحركاتكم وتصرفاتكم، ويجمع الأسماء الّتي تعرّف بكم، وكلمات السر، وأرقام البطاقات المصرفية، أو الهوية التي تطبعونها على لوحة المفاتيح، أو التي يجدها على الأسطوانة الصلبة دون أن ينسى -بالتأكيد- لائحة بأسماء المستخدمين المسجّلين على صفحتكم، فيبحث فيها عن أهداف جديدة. ■

أي حماية؟

للحدّ من الخطر، حمّلوا مضادات مجانية للفيروسات (مثل أفاست Avast)، ثم أديروا نمط التحديث التلقائي لنظام تشغيلكم (ويندوز Windows، ماك أوس Mac OS) الذي سيعالج قصور نظام الأمان. وهذا ينطبق أيضًا على متصفّحكم والمكوّنات الأكثر عرضة للإصابة بفيروس. لكن مضادات الفيروسات تحتاج -لسوء الحظ- إلى أسابيع عدّة قبل أن تسدّ ثغرات الأمان. وكملاذٍ أخير: إن أصابكم الفيروس وأصبحَ منشّطًا، يمكن حلّ المسألة بإعادة تثبيت كامل لنظام التشغيل (باستخدام قرص مدمج مزوّد للاستعادة).

(1) Philippe Fontaine
(2) COMMENT ÊTRE SÛR QU'UN SITE INTERNET N'EST PAS INFECTÉ?, Science & Vie Junior 290, P 91

الهيبرلوب، قطار أسرع من الطائرة[١]

السير بسرعة ١٢٠٠ كلم في الساعة في أنبوب فارغ من الهواء: إنّها وسيلة نقل المستقبل كما تخيّلها مليارديرِ أمريكي. تحدٍّ تقني ليس جنونيًا كما يبدو.

بقلم: رومان رافجو[٢]

قطع المسافة بين باريس ومرسيليا في فرنسا في أقل من ساعة، أمر محتمل وليس مجرّد نزوة من نزوات الخيال العلمي! حسنًا، لا بأس، إنّ الآلة التي سنخبركم عنها لا مجال للشبه بينها وبين القطار السريع (TGV) الذي ربّما استخدمتوه للذهاب لقضاء العطلة. لا ليست قاطرة، بل عربة واحدة وأنبوب فارغ من الهواء بمنزلة خط السّكة الحديديّة. لتجلية هذا التصوّر، دعونا نتخيّل كبسولة مجهّزة بمروحة كبيرة في المقدّمة تنزلق على وسادة هوائيّة بسرعة تفوق ١٢٠٠ كلم/الساعة! على متنها ٢٨ راكبًا، يندفعون بسرعة تبلغ سرعة الصوت أو تكاد في أسطوانة محكمة الإغلاق. وسيلة النقل المستقبليّة هذه ليست سوى مشروع حاليًّا، ولكن لا مانع من تنفيذها من الناحية التقنية. قدّمها "الون ماسك" Elon Musk رسميًّا على مدوّنته في ١٢ أغسطس ٢٠١٣.

يقترح هذا الملياردير الأمريكي بناء خطّ بين سان فرانسيسكو ولوس أنجلس في الولايات المتحدة الأمريكية ليربط المدينتين المتباعدتين ٦٠٠ كلم خلال خمس وثلاثين دقيقة تقريبًا.

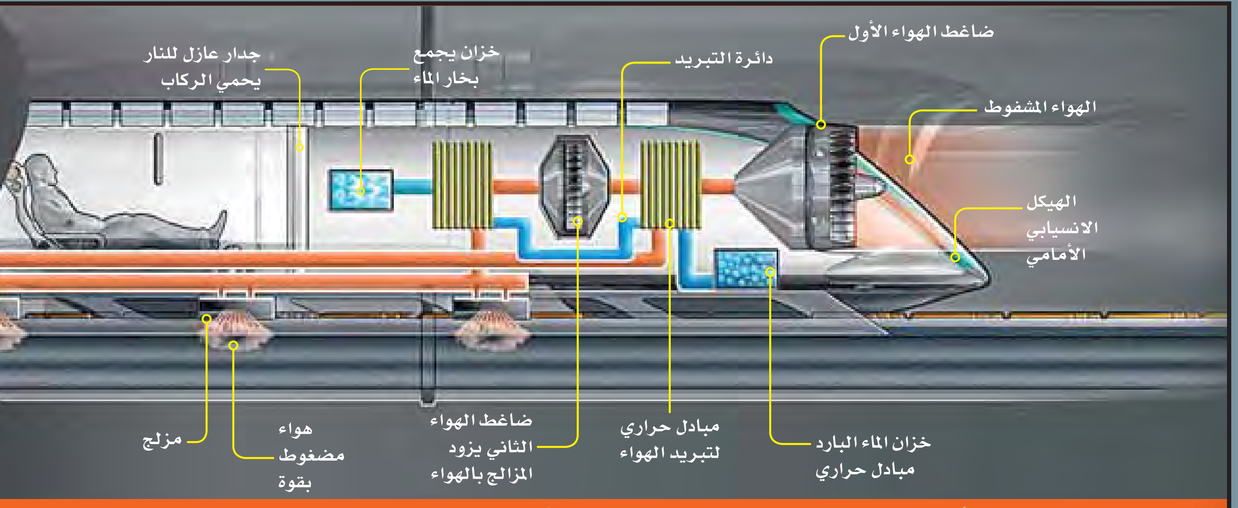
القطار السريع في كاليفورنيا.. مفرط الغلاء!

لماذا الساحل الغربي من الولايات المتحدة الأمريكية؟ لأنّ مئات آلاف الأمريكيين يسلكون ←

GRÉGOIRE CIRADE POUR SVJ


مسار الخط مستقيم تقريبًا
سان فرانسيسكو
كاليفورنيا
المحيط الهادي
هوليوود
HOLLYWOOD
لوس أنجلس
ANTOINE LEVESQUE POUR SVJ

الكرة النارية التي تقاد في الفراغ



الهـواء داخل الأنابيب ضـئيل جـدًا: والضـغط فيها أضـعف ألف مرَة مـن الضـغط الجـوي! إلاّ أنّ هـذا الضـعف يتسـبّب بمشـكلات جديّـة للحجيـرات. فنظـرًا لتحرّكها بسـرعة هائلة داخل الأنابيب، تصـطدم بذلـك الهـواء المتبقّي فيتراكم طبقات متتالية على هيكلها الانسـيابي الأمامي خلال الرحلة. النتيجة: تنخفض سرعة الحُجيرات وتسخن مقدمتها بشدة. لهذا السبب زُوِّد كلّ منها بضاغط للهواء، أي ما يشبه مروحة كبيرة تبتلع الهواء في مقدمة مقصورة الركاب وتضغطه بقدر يصل إلى ٢٠ ضعفًا، ثمّ يمرّ الهواء في مبادل حراري حيث يُبرّد بفضل دائرة مائيّة، قبل أن يُبعث القسـم الأكبر منه إلى مؤخَرة الحُجيرة. إذ لا ينبغي أن ترتفع الحرارة داخل الأنبوب تدريجيًا مع مرور المركبات: فذلـك يسـبّب تلفها، ناهيـك عـن ركّاب المقصـورة الذيـن سيشـعرون كأنّهم يحترقون على نار هادئة! أمّا الجزء المتبقي من الهواء، فيُرسل إلى ضـاغط هواء ثان. وهذا الأخير يضـاعف أيضًا الضـغط ٥ مرّات ويوزّعه في القنوات تحت أرضيـة الحجيرة. فتطلق كلّ قناة هذا الهواء

⟵ يوميًـا الطريـق السـريع رقـم ٥، أي الطريـق العام الـذي يربط المدينتين الكبيرتـين في كاليفورنيا. النتيجة: مواقع ازدحام شديد من شأن قطار المستقبل أن يتخلّص منها بسـهولة. لا شـكّ في أنّ الطائرة تلبّي هـذه الحاجـة، لكنّها وسـيلة نقـل مكلفة للغايـة لهذه المسـافة القصـيرة نسـبيًّا. عنـاء قطـع مسـافات في السـيارة بين وسط المدن والمطارات، يليه تعب الانتظار في الطوابـير قبل عبـور بوابات الأمن. ثـم إنّ الحركة الجويّـة في الولايـات المتحـدة الأميركية بلغت نفسـها حدّ التشبع.

لهذا السـبب صـوّتت ولايـة كاليفورنيـا في العام ٢٠٠٨ –وقـد أدركت ما تواجه من معضلـة– على بناء خط سكة حديد جديد من نوع القطار السريع أو TGV. من المتوقّع أن يبدأ العمـل بهذا القطار السـريع في العـام ٢٠٢٩. ستسـتغرق الرحلة بين لوس أنجلس وسـان فرانسيسكو ثلاث ساعات. تكلفة المشـروع: ٦٠ مليار دولار (مـا يعادل ٢٤٠ مليـار ريال سـعودي)! يعدّ "الون ماسـك" Elon Musk هذا الرقم جنونًا. فبناء هذا الخط الكلاسـيكي، مـن وجهة نظره، باهظ الثمن للغاية مقارنة بسـرعته التي يرتئيها متواضعة: ٣٢٠ كلم في الساعة. اسـتدعى الملياردير –إذًا– أبـرز مهندسـيه (فهـو رئيس تيسـلا Tesla، المصنـع المختص في السـيارات الكهربائيّـة وإكس سـبيس (X Space)، الشـركة المتخصصة في النقل الفضـائي) وطلب منهم التفكير في مشروع بديل. هكذا ولدت فكرة الهيبرلوب.

ستسـير علـى هـذه الحلقـة (loop بالإنجليزيّـة) العملاقـة بـين لوس أنجلس وسـان فرانسيسـكو بشـكل دائم ثلاثـون كبسـولة تقريبًا،

الهيبرلوب بالأرقام

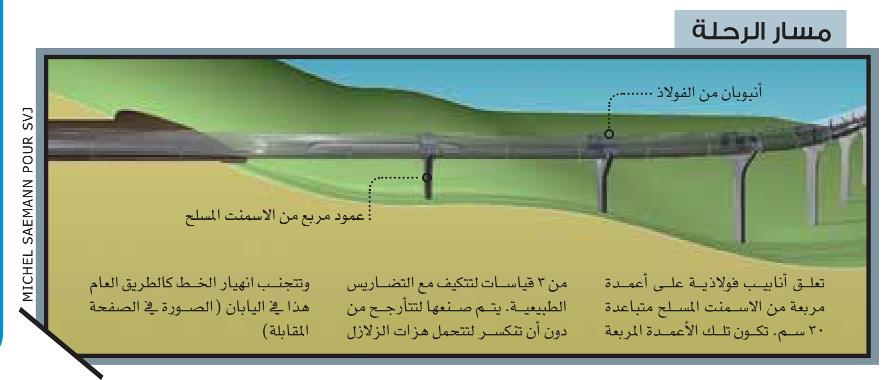
٢٥,٠٠٠
عمود مربع تسند الأنابيب.

٢ × ٥٦٩
كيلومترًا من الأنابيب.

١٠٠
وحدة باسكال: الضغط في الأنبوب (أقلّ ألف مرة من الضغط الجوي).

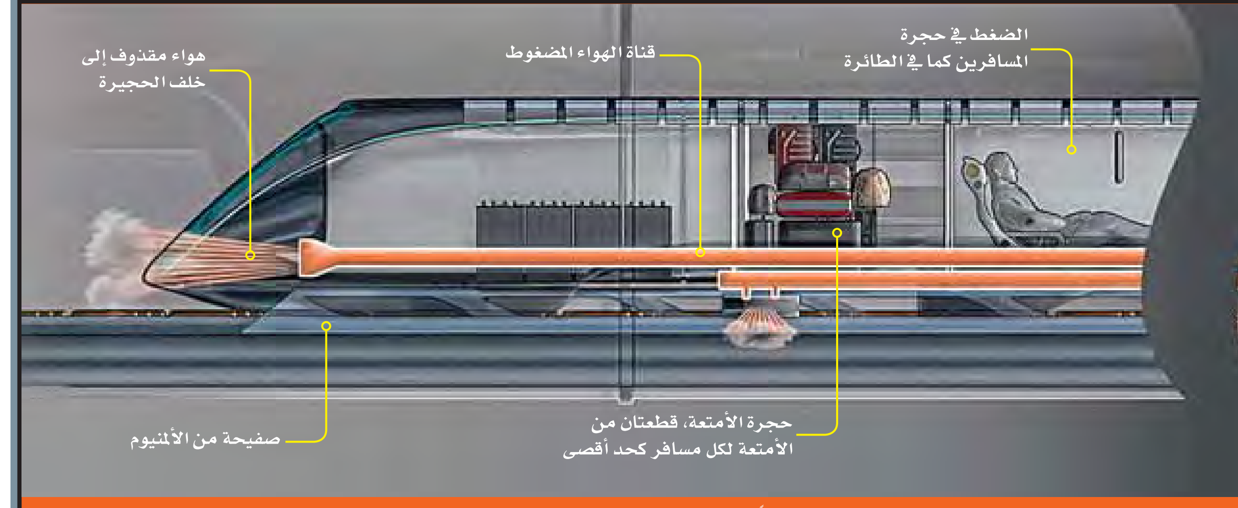
٢,٢٣
مترًا: قطر كل أنبوب.

مسار الرحلة



تعلق أنابيب فولاذية علـى أعمدة مربعة من الاسـمنت المسـلح متباعدة ٣٠ سـم. تكـون تلـك الأعمـدة المربعة من ٣ قياسـات لتتكيف مع التضـاريس الطبيعيـة. يتـم صـنعها لتتأرجح من دون أن تنكسـر لتتحمل هزات الزلازل وتتجنـب انهيار الخـط كالطريق العام اذا في اليابان (الصـورة في الصفحة المقابلة)

MICHEL SAEMANN POUR SVJ



المضغوط (بـ ١١ وحدة باسكال) في ٢٨ مزلجًا موزعًا على الجوانب في أسفل هيكل المركبة. هذه المزالج مزودة بفتحات صغيرة تقذف تيارات الهواء في المساحة الضيقة بين المركبة السريعة وبين جدار الأنبوب. مما يحدث -من ثمّ- وسادة هوائيّة تطفو عليها الحجيرة، ويؤمّن الراحة القصوى للمسافرين. حالما تتباطأ عند الوصول، يحلّ محلّها قطار ذو عجلات لتعويض تضاؤل الوسادة الهوائيّة تدريجيًّا لمنع المركبة من الاحتكاك بجدار الأنبوب.

يسافر الركاب وهم شبه مستلقين نظرًا لتدني السقف. لكن ذلك يتيح لهم سهولة تحمّل سرعة الحجيرات المذهلة. كل مقعد مزوّد بشاشة العرض البلوري السائل أو LCD لتسلية المسافرين خلال الرحلة التي تدوم خمسًا وثلاثين دقيقة. لا ينبغي أن ننسى غياب النوافذ على امتداد هيكل المركبة لأنّ شيئًا لا يستحق الرؤية في الخارج: فالأنابيب من فولاذ! عند الوصول إلى المحطة، خمس دقائق تكفي لتحميل الركاب وإنزالهم ثم نقل حجيرة من أنبوب الذهاب إلى أنبوب الإياب.

MICHEL SAEMANN POUR SVJ

أو بالأحرى حجيرات (حجرات) كما أسماها "ماسك". تكلفة نظام النقل: ستة مليارات دولار (ما يعادل ٢٤ مليار ريال سعودي) "فقط"، وهو ما يقل عشر مرّات عن القطار الموعود لسكّان كاليفورنيا!

سيخصّص قسط كبير من ذلك المبلغ -٨٥٪- لبناء خطّ القطار، بحسب المليارديـر. وسيتألّف الخط من ٢٥ ألف عمود مربّع لحمل الأنبوبين: أنبوب للذهاب، وآخر للإياب (انظر الرسم في أسفل الصفحة المقابلة). فلا جدوى من طمرهما لأنّ ذلك مكلف للغاية. ولمزيد من ترشيد التكلفة، سيتبع الهيبرلوب بقدر المستطاع مسار الطريق السريع رقم ٥. فلا ضرورة لشراء أراض لتركيب أعمدة المسلك المربّعة بأسعار خياليّة. كما ينبغي أن يكون الخطّ مستقيمًا لئلا ينزعج المسافرون عند المنعطفات، ذلك لأنّه عند التنقّل بسرعة ١٢٠٠ كلم في الساعة، يكفي انحناء حاد قليلًا ليشعر المسافرون بانزعاج شديد وكأنهم في حلقتين كبيرتين، تلصقهم >قوة الطرد المركزي< بطرف مقعدهم. ينوي "الون ماسك" أن يحفر بضعة أنفاق لعبور التضاريس تفاديًا لتعرّج الخط. سيسفر ذلك عن زيادة تكلفة البناء، لكن قيمة الزيادة معقولة بحسب الملياردير: ٢٤ كلم من الأنفاق كحد أقصى على الكيلومترات الـ ٦٠٠ الضرورية من المسلك، وللمحافظة -أيضًا- على راحة الركاب، لن يفوق تسارع الهيبرلوب أكثر من > g ٠,٥ <. ولإيضاح مدلول هذه القيمة، تجدر الإشارة إلى أن تسارع المدفع في سباس ماونتن (Space Mountain) في يورودیزني (EuroDisney)، يبلغ 1.3 g.

> **إضاءة**
>
> **قوة الطرد المركزي**
> هو الاسم المعتمد للتأثير في شيء يدور بسرعة فائقة ويميل إلى نبذه إلى خارج مساره.
>
> **g** هي تسارع الثقل المرتبط بكتلة الأرض. فالجسم يسقط على اليابسة بسرعة ٩,٨ م/ث^2.

كما في سباق عبر المحيط

صمّم المشروع بكامله لخفض المصاريف إلى أدنى حدّ، لذلك لن يتعدّى قُطر الأنابيب التي ستسير فيها الحجيرات ٢,٢٣م. الجدير بالذكر أنّ فراغًا شبه كليّ ينبغي أن يسود لخفض -بقدر المستطاع- احتكاكات الهواء التي ترفع من حرارة الحجيرات وتحد من ←



JIJI PRESS/AFP

> يتعين على خط الهيبرلوب أن يصمد أمام الزلازل لئلا ينتهي به الأمر مثل الطريق السريع هذا في اليابان.

الحجيرات بالأرقام

٨٤٠
راكبًا في الساعة وفي الأنبوب الواحد أي ١٤,٨ ملايين في السنة

٣٤
مركبة سيّارة

٢٨
راكبًا في كل مركبة كحد أقصى

٢٠
دولارًا للتذكرة الواحدة (ذهابًا)

٢
دقيقتان بين وصول مركبة ومغادرة الأخرى.

سـرعتها. (انظر الرسـم ص. ٢٤-٢٥). ففي حال كان مقطعها واسـعًا بشكل مفرط، ستزداد تكلفة بنائها وسـتحتاج إلى مضـخات أقوى، و مـن ثَمّ أغلى ثمنًا، لتفريغ الهواء، إلّا أنّ "الون ماسـك" أراد قبل كل شيء وسيلة نقل رخيصة الثمن!.

سيعوم على وسادة هوائيّة

لذلـك -بالتأكيـد- سـتكون تلـك نتائـج بالغة للمسـافرين: نظـرًا لحجـم الأنابيـب الصـغيرة، سيقتصـر ارتفـاع السـقف داخـل الحُجيـرات علـى ١,١٠م، كما سـيتعيّن على الركّاب السـفر في وضعيّة شبه اسـتلقاء وكأنّهم في مركب شراعي يعبر المحيط. من غـير المتوقّع أن تكـون الرحلة مزعجة، خاصـة أنّ المسار لن يتجاوز الخمس وثلاثين دقيقة.

بالـكاد مـا يكفـي مـن الوقـت لمشـاهدة الأخبار التلفزيونية قبل الوصول!

أمّا أسـاليب الراحة فهي الأفضـل: لا نخشـى أيّ هـزّة مزعجـة ولا أدنى صـوت صـادر عـن العجلات المحتكة بالسّكك، فكلّ حُجيرة يدفعها حقل مغناطيسي (انظر الرسـم أدناه)، ستعوم على وسادة هوائيّة. وسـادة سـتولدها بنفسـها عندما تتحرّك داخل الأنبوب.

حـلّ أنيق ابتكره مهندسـو "ماسـك" لمعالجـة التحدي الحقيقـي: الهواء المتبقي داخـل الأسـطوانات، فالفـراغ لـن يكـون مطلقًـا وإن قـلّ الضـغط ألـف مـرّة عنه في الخـارج، لذلك كان من الضـروري توفـير حلّ لمنع الغـازات التي تبقى محتجزة من تسـخين الكبسـولات عندمـا تجـري بسـرعة هائلـة داخـل الأنبـوب، لهذا السبب سـتزوّد الحُجيرات في المقدّمة بمروحة ضخمة تبتلـع الهـواء تدريجيًّـا خـلال سـيرها بسـرعة تفوق الـ١٠٠٠ كلم في السـاعة (انظر الرسم ص. ٢٤-٢٥). سـيكون هذا الهـواء مضـغوطًا ومبرّدًا قبـل أن يخرج قسـم منه إلى الخلف وقسـم آخر تحت القطار لتوليد الوسادة التي ستحمل الحُجيرة.

لم يتم الإعداد لوقفة لاستخدام دورة المياه!

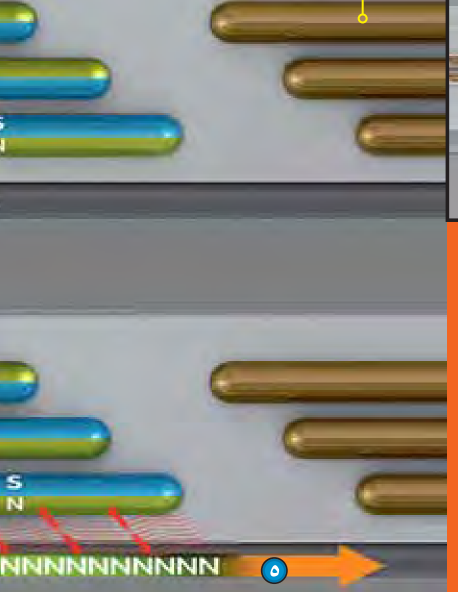
مشـروع "الون ماسـك" ليس خيـالًا بحتًا، وحتى لو بدا مسـتقبليًّا، فهو لا يسـتعمل في الواقع إلّا تقنيات معروفة ومختبرة. هل يمكن إذن أن يحلّ محلّ القطار السـريع المتوقّـع في كاليفورنيـا؟ في الحقيقـة، هـذا غـير مرجـح: إذ سـبق وأن خططت ولايـة كاليفورنيا الأعمـال علـى خط القطار السـريع وجهّزت له التمويل المحدّد.

كيف نؤمّن سلامة القطار مئة بالمئة؟

أضـف إلى ذلـك أنّ تصـوّر الهيبرلـوب يحتـاج إلى تعزيز: فهل سـيقبل الـركّاب مثلًا السـفر في كبسـولة بـلا نوافذ، أي بعبـارة أخـرى مـن دون رؤية المناظـر الخارجية؟ والمراحيض؟ نظرًا لقصـر مدّة الرحلة، لم يتحسّب مخططـو الهيبرلوب لذلك. مـن غير المؤكّد أن يقبل

الدفع المغناطيسي الكهربائي

عنـد الانـطـلاق مـن المـحـطـة، يسير الهيبرلوب على عجلات تحركها محركات كهربائية. حالما تصبح العجلات على وسادة هوائية (انظر الرسم ص. ٢٤-٢٥)، تنسحب إلى الداخل ولا يبرز منها على بدن المركبة إلا صفيحة بسيطة من الألمنيوم. ثم تتوقف المحرّكات. وتحلّ محلّها وشائع مغناطيسيّة كهربائيّة مركّبة ضمن مجموعة ثلاثية من جهتي المسلك. يجري في تلك الوشـائع تيار كهربائي متردّد، أي أنّه يولد حقلًا مغناطيسيًا ينتقل من حالة إلى حالة أخرى بالتناوب. بعبارة أخرى، تتصرف كل وشيعة كمغناطيس تتغيّر قطبيّته -الشمالية أو الجنوبية- باستمرار. أمّا الصفيحة فتنزلق في مزراب بين تلك المغانيط الكهربائيّة. بتأثير من الحقول المغناطيسيّة التي تنتجها الوشائع، ينشأ تيّار في الصفيحة. تتصرّف تلك الصفيحة من ثَمَّ كمغناطيس كهربائي باعتماد قطبيّة مطابقة لقطبيّة الوشائع المواجهة. مثلًا: إن كانت قطبيّة الوشيعة الشمالية في مواجهة الصفيحة، تعتمد الصفيحة هي أيضًا قطبيّة شماليّة، وبما أنّ المغانيط ذات القطبية نفسها تتدافع، تندفع الصفيحة إلى الأمام (مع الحجيرة التي تحملها). تغيّر الحقول المغناطيسية التي تنتجها سلسلة من ثلاثة مغانيط كهربائيّة قطبيّتها بسرعة هائلة خلال أجزاء من الألف من الثانية. وهذا يؤثر بدوره في الصفيحة. في الواقع، كأنّنا نواجه مغناطيسين كهربائيّين يتدافعان ويتجاذبان باستمرار، وفي غياب الهواء لكبحها داخل الأنبوب، ستزداد سرعة الحُجيرة أكثر فأكثر بدفع من الوشائع المسرِّعة.



صفيحة من الألنيوم

المغناطيس الكهربائي

تنزلق صفيحة الألمنيوم في الحجيرة بين صفين من المغانيط الكهربائية التي تقوم بدور المسرع.

ILLUSTRATIONS: MICHEL SAEMANN POUR SVJ

المسافرون بهذا! وفي النهاية -وهذا هو الأهم- يبقى أن ندرس تدابير السلامة بجديّة. بدأ مهندسو "الون ماسك" العمل على ذلك، علمًا بأنّ الحُجيرات ستكون ضئيلة الهواء، أعدّ المخطّطون أقنعة للأكسجين كما في الطائرات. ستسقط هذه الأقنعة تلقائيًا عند انخفاض مفاجئ للضغط، في حال تصدّعت حجيرة ما.

ليل - مرسيليا في فرنسا في أقل من ساعة!

ثمّة تحديّات أخرى تفرض نفسها: كيف يمكن إخلاء ركّاب علقوا داخل حُجيرة توقفت في نصف الخط؟ وكيف يمكن تجنّب اصطدام حجيرة أخرى بها، لا سيما أنّ المشروع أعدّ لانطلاق حجيرة كلّ دقيقتين؟ أسئلة ليست هامشية (راجع المربّع على اليسار) يعرف "الون ماسك" هذا كلّه. لهذا السبب وضع مشروعه "في الخدمة العلنيّة". من الآن فصاعدًا يمكن لأيّ شركة متخصّصة في النقل الحصول عليه واقتراح حلول تقنيّة. ذلك أنّ الهيبرلوب ذو مميّزات جديّة قابلة للتطوير، وثمّة كثير من المدن الكبيرة في العالم التي تحتاج إلى خدمة "هذا القطار فائق السرعة": نيويورك – شيكاغو في الولايات المتحدة الأمريكية (١٢٠٠ كلم تقريبًا) مثلًا، أو باريس (فرنسا) – برلين (ألمانيا) (ألف كلم تقريبًا). إذًا من يعرف، بعد ثلاثين سنة، قد تستقلون الهيبرلوب في ليل للقيام بزيارة سريعة لعمتكم في مرسيليا في أقلّ من ساعة!

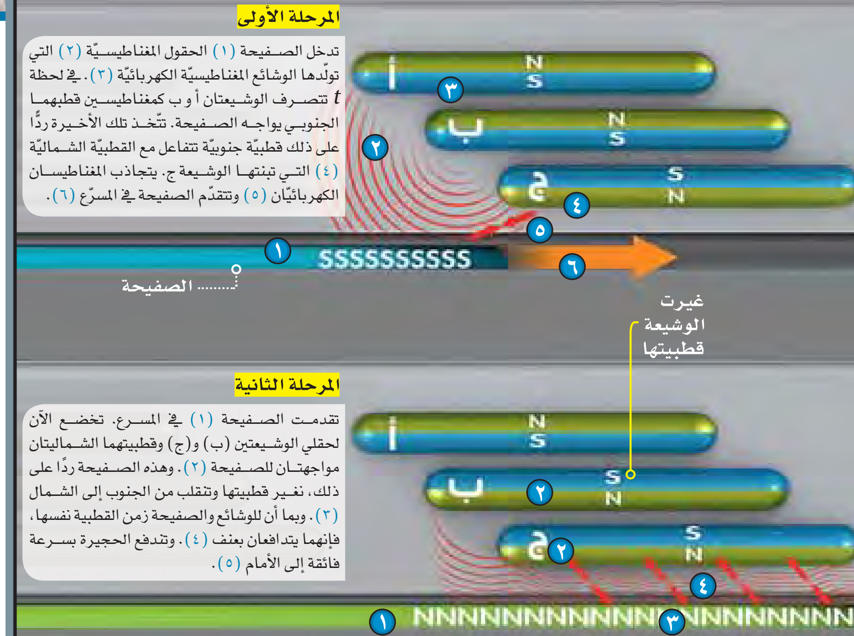
المشكلات التي لاتزال عالقة

لا يفرض صنع الهيبرلوب مصاعب تقنية غير قابلة للتذليل. فالتقنيات متوافرة ويتقنها المهندسون، إلّا أنّنا لم نحدث فراغًا قط داخل حجم كبير إلى هذا الحد: أيمكن أن نحافظ على ضغط ١٠٠ وحدة باسكال على طول الأنبوب بكامله؟ هذا ضروري إن أردنا أن تصل سرعة الهيبرلوب إلى السرعات الهائلة التي يتباهى بها "الون ماسك" فالسرعة بحدّ ذاتها، تتسبّب بمشكلة سلامة حقيقيّة. شهدنا ذلك خلال الصيف الماضي مع انحراف القطار الإسباني السريع عن مساره بسرعة ١٨٠ كلم/الساعة في سان جاك دو كومبوستيل، وفي حال توقفت حُجيرة في الأنبوب، كيف نمنع اصطدامها بالمركبات الأخرى التي تتبعها بسرعة ١٢٠٠ كلم في الساعة؟ يؤكدون أنّ هذا: "غير مرجح على الإطلاق" وفي حال حصل، ستجهز الكبسولات "بنظام فرملة طارئ"، لا يزال بحاجة إلى ضبط. ما يدفع مهندسي معهد MIT أو معهد ماساتشوستس للتقنية (جامعة أمريكية مرموقة)، الذين اطلعوا على المشروع عن كثب أكثر، إلى القول إن مبلغ ٦ مليارات دولار الذي قدّمه "ماسك" هو خاطئ التقدير. فنظرًا للمشكلات التي تحدث دائمًا عند تطبيق تقنية مبتكرة، فإنّ بناء الهيبرلوب سيكون باهظ التكلفة، وللتخفيف من التكلفة، ينبغي رفع سعر البطاقة. فبسعر ٢٠ دولارًا للبطاقة ومع ١٤،٨ مليون راكب في السنة، لن تُسدد تكلفة الاستثمار إلا بعد عشرين عامًا... بعض الخبراء يحدّدون سعر البطاقة على الأقل بـ ١٠٠ إلى ١٥٠ دولارًا للرحلة الواحدة (ما يعادل ٤٠٠ إلى ٦٠٠ ريال سعودي).



O.CORRAL/REUTERS

^ تترتّب على القيادة بسرعة جنونيّة نتائج خطرة للغاية عند وقوع حادث ما، كما حصل هنا في سان جاك دو كومبوستيل Saint-Jacques-de Compostelle في شهر يوليو ٢٠١٣.



للاستزادة

ملف تقديم المشروع متوافر (بالإنجليزية) على موقع شركة الون ماسك سبايسإكس. الرابط المباشر على **svjlesite.fr**

(1) HYPERLOOP, LE TRAIN PLUS RAPIDE QU'UN AVION, Science & Vie Junior 290, PP 54-59
(2) Romain Raffegeau

...لم تكن الأرض مستديرة؟[١]

ودّعوا كوكبنا الأرضي العزيز! وتمسّكوا جيّدًا، لأنّ الحياة في عالم منبسط، غريبة جدًا

بقلم: رينيه كويليريه[٢]

LUCAS RACASSE POUR SVJ

دعونا نوضح على الفور. إنّ أرضًا منبسطة على شكل كعكة، مثل "العالم–القرص" في سلسلة "فانتازي" أو الخيال لـ تيري براتشيت Terry Pratchett لن تصمد طويلًا. لأنّ <جاذبيتها> تكون ضعيفة للغاية (ستكون المادة ضئيلة تحت قدميكم)، وعلى كلّ حال، بحسب علماء الفيزياء، ستتفتت بعد بضع ساعات إربًا إربا. أمّا الأرض المكعّبة مثل عالم بيزارو Bizarro في عالم الرجل الخارق أو سوبرمان، فقد تحافظ على شكلها (منبسطة على كلّ واجهة من واجهاتها الست) وقتًا أطول بقليل. كيف تكون الحياة على كوكب من هذا النوع؟

استعدّوا للشعور بالاغتراب التام. تخيّلوا –إذًا– عالمًا مصنوعًا من مادّة تشبه الصخور الأرضيّة، حجمه مطابق لحجم كوكبنا الحالي ويتميّز بالثقالة نفسها على السطح، إلّا أنّه عالم مشذب كمكعب من ١٠,٢٧٠ كلم من الزوايا البارزة. أنتم جاهزون؟ هيا! ها أنتم وسط إحدى واجهاته. أوّل ما يفاجئكم عندما تفتحون عينيكم على هذا العالم، هو جسامة المشهد الذي يحيط بكم. على أرضنا المستديرة (بل الكرويّة)، حتى في ظروف جيّدة –مثلًا على شاطئ البحر– تقتصر رؤيتكم على مسافة الثلاثة أو الأربعة كيلومترات، لأنّ الأرض منحنية، ويتعيّن على الضوء أن ينحني أيضًا لإظهار ما وراء الأفق. أمّا هنا، فالوضع يختلف. تستفيدون من كلّ الجهات من منظور مذهل، ويجول نظركم إلى البعيد البعيد، حتى زوايا المكعّب البارزة، على أكثر من ٥ آلاف كلم من وسط الواجهة، والأفق أبعد على الأقل بألف مرّة من المعتاد! ولم تنته المفاجآت. إن قرّرتم المشي حتى زاوية من زوايا المكعب مثلًا، ستعيشون تجربة غريبة فعلًا.

> يصبح المشي البسيط رياضة عنيفة

الجاذبية تدبر لكم المقالب

مع مرور الوقت، يبدو لكم المشي أصعب فأصعب كما لو كان العالم بكامله –المنظر الهائل المنبسط على مدى آلاف الكيلومترات– متأرجحًا، ويجبركم على تسلّق منحدر حادّ أكثر فأكثر. ببعض التفكير، يتبيّن لنا أنّ هذا أمر منطقي، فقوّة الجاذبيّة التي تمارسها كتلة العالم الضخمة تصوّب –تقريبًا– نحو مركز المكعب. وهو الحال أيضًا على كوكب كرويّ، لكن الجاذبية التي تحدّد الخط العمودي –أي المسار الذي تتبعه كرة نرميها– تكون دائمًا متعامدة بالنسبة إلى سطح الكوكب. ليس هنا: في هذا العالم المكعب، يزداد انحراف الخط العمودي بالنسبة إلى الأرض كلّما ابتعدنا عن وسط واجهة ما (راجع الرسم "تأثير



إضاءة

الجاذبيّة

جاذبيّة يمارسها كوكب بفعل كتلته على الأجسام التي تحيط به، خاصّة الأجسام على السطح. كلّما زادت كتلة الكوكب، كانت الجاذبيّة أقوى.

التأرجح" في أسفل الصفحة).

ما يولد الانطباع بتسلّق منحدر أكثر حدّة كلّما ابتعدتم عن وسط الواجهة.

في الواقع، الأرض لا تتحرّك بالتأكيد، بل أنتم مضطرون إلى الانحناء إلى الأمام لتتمكنوا من الوقوف. لكن هذا المنحدر ليس مجرّد وهم بحت، فإذا رميتم كرة، ستسقط بالضرورة بزاوية منحرفة بالنسبة للأرض، وإن فقدتم التوازن، تتدحرجون فعلًا نحو وسط واجهة المكعب! حتى لو بدا للعين أن العالم منبسط، من ناحية الجاذبيّة، تتصرف كلّ واجهة كأنّها على شكل وعاء.

عزاء صغير: كلّما ابتعدتم عن وسط واجهة ما، تناءيتم -أيضًا- عن وسط المكعب وتدنّت قوّة الجاذبيّة. من ثَمَّ، عندما تصلون إلى الزاوية، لن يتجاوز وزنكم نسبة ٦٥٪ من وزنكم العادي. وهذا يسهّل ذلك "التسلق" الغريب. بالمناسبة، إنّ انزلق غرض قذفتموه نحو وسط الواجهة، فهذا ينطبق أيضًا على الماء والهواء الضروريان للحياة، اللذان لا وسيلة لهما للتشبث بالأرض! فيضطران إلى التراكم "في قعر" الوعاء، مشكّلين قطرة ضخمة وسط واجهة المكعب.

مع أحجام ماء وغلاف جويّ مشابهين لأحجام الماء والغلاف الجوي في أرضنا المستديرة، وموزّعة توزيعًا عادلًا، يكون المحيط المركزي لكلّ واجهة مربّعة من واجهات الكوكب محدّبًا، عدسة من الماء يبلغ قطرها ألفي كلم تقريبًا، تكاد تكون أكثر امتدادًا من البحر الكاريبي، لكن عمقها يصل إلى أكثر من ١٠٠ كلم في مركزها، أي أكثر بعشرين ضعف من عمق محيطاتنا الأرضية!

غوصوا في محيط محدّب

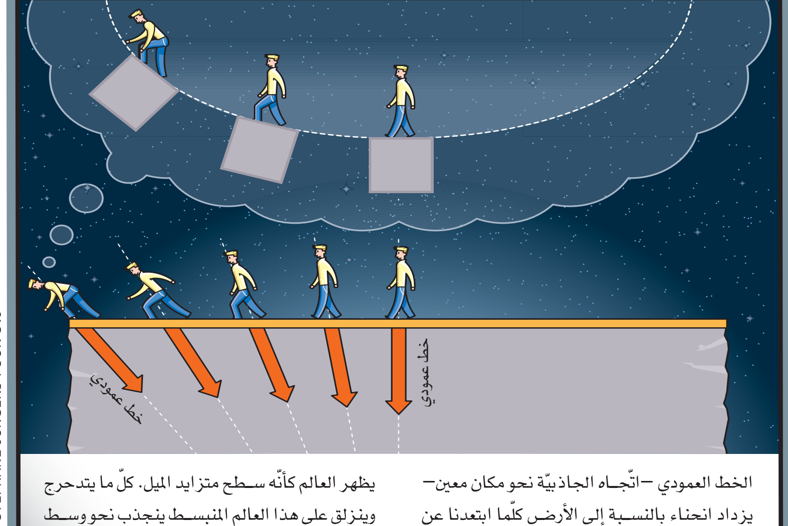
للمفارقة، فإنّ المكان الوحيد في ذلك العالم المنبسط الذي يكون فيه أفقكم محدودًا بالفعل، هو شاطئ البحر، إذ تمنعنا حدبة الماء الهائلة من رؤية الضفّة المواجهة! يتراكم هواء الكوكب المربّع مثل الماء، بشكل فقوقة كروية ترقد على البحر (انظر الرسم أعلى ص. ٣١).

لكن للأسف، ثمّة حلقة جويّة رفيعة وحيدة فقط تغطّي المنطقة التي حول المحيط، وتجعله قابلًا للعيش، أمّا الخبر السارّ فهو أنّ بوسعنا التنزّه في الفضاء سيرًا على الأقدام في تلك الظروف، إذ يكفي أن نمشي مدبرين عن المحيط حتى مسافة ٥٠٠ كلم، لنخرج من الغلاف الجوي! أربعة أخماس مساحة العالم معرّضة لقسوة الفراغ الفضائي إذن، مثل تعرض القمر لها. ولإتمام نزهتنا بالوصول إلى زاوية الكوكب، لا ننسى أن نجهّز أنفسنا ببزّة فضائيّة!

في الواقع، قبل الوصول إلى الفراغ -أي بعد ١٠٠ أو ٢٠٠ كلم- ستبدو لكم الأرض منحنية للغاية، ولكون الهواء أقل من أن يحبس حرارة الشمس، تلتحف الطبيعة الثلوج الدائمة، ويصبح البرد قارسًا كما يكون على قمة الإفيرست.

لذلك -وليتمكّن الناس من العيش على هذا العالم المربع- يتعيّن عليهم التجمّع ضمن الـ١٥٠ كلم الأولى من الساحل، على مساحة قابلة للسكن تكاد تكون أقلّ بمرّتين من مساحة فرنسا. (انظر الرسم أعلى ص. ٣١)، كيف هو الطقس في تلك البقعة الصغيرة القابلة للسكن؟ لتكوين فكرة عن الإجابة، علينا أن ندرك غياب المناطق المناخيّة ←

تأثير التأرجح



الخط العمودي -اتّجاه الجاذبيّة نحو مكان معين- يزداد انحناء بالنسبة إلى الأرض كلّما ابتعدنا عن وسط واجهة المكعب. من ثَمَّ -وبالنسبة إلى المتنزه- يظهر العالم كأنّه سطح متزايد الميل. كلّ ما يتدحرج وينزلق على هذا العالم المنبسط ينجذب نحو وسط الواجهة، كما لو كان هذا العالم على شكل وعاء.

← في عالم منبسط. على كوكبنا المستدير، تسقط أشعة الشمس على نحو يكاد يكون متعامدًا مع الأرض في المنطقة الاستوائيّة، في حين تصل وفق زاوية تزداد انحرافًا في المناطق المعتدلة، ثم القطبية. هذا يفسر انخفاض الحرارة التدريجي كلّما ابتعدنا عن خط الاستواء.

توقعات جويّة ثابتة دائمًا

في كوكب مكعّب، تبلغ أشعة الشمس كلّ نقاط واجهة ما بالزاوية نفسها: يمكن قطع آلاف الكيلومترات من دون أن يتغير المناخ (إلا إذا خرجتم من المنطقة القابلة للسكن، حيث تجدون أنفسكم خارج الغلاف الجوي، ومن ثمّ من دون مناخ مطلقًا). أمّا الباقي، فيتوقّف الأمر كلّه على محور دوران العالم المكعّب، فإذا مرّ المحور بمركز واجهتين متواجهتين، تكون الواجهة العليا والواجهة السفلى مجمّدتين كليًّا، مثل القطبين على أرضنا، فيما تتمتّع الزوايا الأربع الأخرى بمناخ استوائي (انظر الرسم "واجهات مقابل الشمس" في أدنى الصفحة المقابلة) وإذا مرّ محور الدوران بزاويتين متواجهتين، تتجه الواجهات كلّها ٤٥ درجة -تقريبًا- بالنسبة إلى أشعة الشمس. يكون المناخ معتدلًا في كلّ مكان. على كلّ حال، لا تكون الرياح شديدة. على الأرض المستديرة، تدفع أوجه حركة الغلاف الجوي الكبيرة فائض الطاقة الشمسية التي تصل إلى خط الاستواء نحو المناطق المعتدلة. لا شيء من هذا القبيل هنا، فأكثر ما يمكننا تصوّره هو أن يسخن الهواء الواقع فوق وسط المحيط -هو داكن لذا يمتص الحرارة جيّدًا- خلال النهار ويصعد نحو قمة فقاعة الغلاف الجوي. وهنا يبرد ويعود نازلًا باتّجاه أطراف المنطقة القابلة للسكن، ومن هناك يعود باتجاه المحيط المركزي ويتدفّق على طوال الأرض.

LUCAS RACASSE POUR SVJ

> في عالم منبسط، نبحر من دون الاستعانة بأدوات الملاحة

توقّعات "المناخ-المكعب" الجويّة لا تتغيّر أبدًا: "نسمة أرضية تهبّ باتجاه البحر ابتداء من منتصف النهار".

هيا، أصبحتم جاهزين -تقريبًا- للقيام برحلتكم إلى زاوية العالم. تبقى تساؤلات أخيرة: كيف ستتمكّنون من معرفة وجهتكم على تلك المساحة المنبسطة؟ الإبحار اهتداءً بالنجوم كما يفعل بحارة الأرض المستديرة منذ قرون؟ لن ينفعكم مطلقًا. إذ كان يقوم على قياس اختلاف التوقيت بين شروق الشمس وغروبها، لمعرفة المساحة التي عبرناها من الشرق إلى الغرب، وقياس ارتفاع نجم القطب في السماء لمعرفة المساحة التي اجتزناها من الشمال إلى الجنوب (يظهر النجم على الأفق وفوق رأسكم في القطب الشمالي).

لا اختلاف هنا في التوقيت (عندما تشرق الشمس عندكم، تشرق بالضبط في

إضاءة

المجال الحيوي

يشير في الوقت نفسه إلى مجموع الكائنات الحيّة في كوكب ما وأوساطها الحياتيّة، وتفاعلها مع بعضها الآخر.

الوقت نفسه في نقاط الواجهة كلّها أينما كنتم) ونجم القطب يبقى على الارتفاع نفسه بالنسبة إلى زوايا المكعب (التي تحلّ مكان الأفق) حيثما كنتم. لكن لا بأس –لاحظوا كيف خُلقت الطبيعة بطريقة مثالية!– لأنّه في العالم المنبسط، من المستحيل أن نضيع. تذكّروا، المعالم كلّها بارزة ولا يغطيها الأفق، فتعرفون مكانكم بدقّة دائمًا.

ست كواكب أرضية في أرض واحدة!

وصلتم أخيرًا إلى إحدى الزوايا. كانت أمتار التسلّق الأخيرة شاقّة للغاية، لكن بوسعكم الاسترخاء أخيرًا، جالسين على قمة هرم من ثلاث زوايا. ثلاث واجهات للعالم المكعب، لم تروا اثنتين منها قط. بعيدًا، ووسط هذه المنبسطات الشاسعة والواسعة، تلاحظون الاستشعاع الأزرق في فقاعات الحياة، وتدركون فجأة أنّ هذا العالم يخبئ ستة >مجالات حيويّة< محكمة السدّ، ينفصل بعضها عن بعضها الآخر بآلاف الكيلومترات من الفراغ، كما تختلف عن بعضها بعضًا اختلاف الكواكب النائية عن بعضها الآخر! على واحد منها، لم تنقرض الديناصورات قط، وعلى الآخر، الأعشاب أرجوانية وليست خضراء، لأنّ النبات يستعمل الريتينال مكان الكلوروفيل لالتقاط الضوء، إلخ... التفكير في احتمال تواجدكم "وجهًا لوجه" أمام مخلوق غريب قادم من تلك الواجهات الأخرى، يصيبكم برعشة، هذا إن خطرت ببال ذلك المخلوق أيضًا فكرة التسلق إلى هنا. لا شيء يُقال سوى أنّه كوكب عجيب! إلّا أنّه للأسف، لن يصمد وقتًا كافيًا ليصبح مأهولًا. لإدراك السبب، تخيّلوا كرة داخل مكعّب. الزوايا البارزة والأركان التي تتجاوز تلك الكرة هي بمنزلة سلسلة ضخمة من الجبال موضوعة عليها. وصفها بأنّها "ضخمة" وصف ضعيف في الواقع: ترتفع ٣ آلاف كلم تقريبًا، مقارنة بالكيلومترات الـ ٨,٨ التي يسجلها ارتفاع إفريست المسكين.

حتى لو بدت لنا الصخور الأرضيّة صلبة، إنها قادرة على تغيير شكلها – انظروا إلى تعرجات الجبال مثلًا، فأيٌّ منها ليس قادرًا على تحمّل وزن جملة المرتفعات التي يصل ارتفاعها إلى ٣٠٠٠ كلم، وحتى لو وُجد عالم مكعّب بفعل معجزة ما (عالم نعجز حتى عن تصوره)، من المتوقع أن تنكبس زواياه وأطرافه وتنهار وتنغرز بسرعة... باختصار، في أقلّ من مليار سنة (المدّة التي استغرقها ظهور الحياة على الأرض)، يصبح الكوكب "المربّع" كوكبًا مستديرًا كغيره للأسف. لكن اعترفوا، كانت نزهة جميلة، أليس كذلك؟

مساحة حيويّة مقلّصة

فراغ فضائي
الغلاف الجوي
محيط
منطقة قابلة للسكن
منطقة قابلة للسكن
الغلاف الجوي
فراغ فضائي
فراغ فضائي
محيط
خط عمودي
خط عمودي
منطقة قابلة للسكن
منطقة قابلة للسكن

يتراكم الهواء والماء وسط كلّ واجهة من المكعّب كأنّهما يقعان في قعر وعاء. يشبه شكل كلّ محيط قطعة من كرة، بحيث يكون سطح الماء متعامدًا على الدوام بالنسبة إلى الخط العمودي المحلي.

ينطبق الأمر نفسه على الهواء الذي يتراكم فوق الماء. في النهاية، يفيض الغلاف الجويّ من المحيط بحلقة رفيعة تحدّ المنطقة الوحيدة القابلة للسكن على الواجهة.

STÉPHANE JUNGERS POUR SVJ

واجهات مقابل الشمس



إن مرّ محور دوران المكعّب بمركز واجهتين، تُحرم الواجهتان هاتان من الشمس وتتجمّدان. أمّا الواجهات الأخرى، فتصل الأشعة تعامديًّا ويكون المناخ استوائيًّا.

إن مرّ محور الدوران بزاويتين متواجهتين من المكعّب، تتلقّى الواجهات الست من المكعب أشعة الشمس من زاوية تبلغ ٤٥ درجة تقريبًا: يكون المناخ معتدلًا في كل مكان.

STÉPHANE JUNGERS POUR SVJ

(1) ET SI… LA TERRE N'ÉTAIT PAS RONDE?, Science & Vie Junior 289, PP 66-69
(2) René Cuillierier



لم لا تكون الطاقة الفولتضوئية أكثر تطورًا في فرنسا؟[١]

الطاقة الفولتضوئية غير ملوّثة، لا تنضب، وتتسم بميزات إيجابية كثيرة مقارنة بالطاقة النووية، إلا أنّ فرنسا باتت مترددة بسبب التكاليف الضرورية لتنفيذها.

تشهد الطاقة الفولتضوئية نموًّا سريعًا في العالم منذ عقد من الزمن. يتجاوز حاليًّا إجمالي طاقة الألواح الفولتضوئية التي تم تركيبها في المحطّات الكبيرة أو على سطوح المنازل الـ ١٠٠ ألف ميجاوات! هذه الطاقة غير ملوّثة ولا تنتج نفايات أو أيّ انبعاث من غازات الدفيئة. مصدرها مورد متجدّد لا ينضب (الإشعاع الشمسي) وهي -بعكس التربينات الهوائية- صامتة ولا تشوه المناظر الطبيعية. في تصنيف البلدان التي اختارت تطوير الطاقة الفولتضوئية، لا تزال فرنسا متأخّرة: تم تركيب ٤ آلاف ميجاوات في نهاية العام ٢٠١٢، مقابل ٣٢ ألف ميجاوات في ألمانيا (الحظيرة العالميّة الأولى).

يهدف الانتقال بين مصادر الطاقة الذي بدأ منذ بداية الألفية الثالثة، إلى التخلّي تدريجيًّا عن الطاقة النوويّة لإنتاج كهربائنا، لكن الأهداف المرسومة بشأن الطاقة الفولتضوئية لا تزال متواضعة. في العام ٢٠٠٩، هدفت مباحثات غرونيل المفتوحة حول البيئة (Le Grenelle de l’environnement) إلى إنتاج ٤٪ فقط من الكهرباء المتجدّدة من خلال هذه الطاقة (أي ٥٤٠٠ ميجاوات) حتى العام ٢٠٢٠، مقابل ٤٠٪ باستخدام التربينات الهوائية. ما السبب؟ الثمن الباهظ.

الدولة تتراجع

اتّخذت السلطات الفرنسية خطوات عدّة لدعم تطوّرها، فاتخذت في العام ٢٠٠٦، تدابير تشجيعيّة، مثل شراء شركة كهرباء فرنسا أو (EDF) للكهرباء المنتجة بأسعار منخفضة للباعة، وقد ازدهرت المنشآت إثر ذلك في أنحاء فرنسا خاصة عند الأفراد. بين العامين ٢٠٠٦ و٢٠١٠، انتقل إنتاج حقل الطاقة الفولتضوئية من ٤ إلى... ٨٨٠ ميجاوات! أمام هذا الشغف بمصدر الطاقة وخوفًا من ارتفاع فاتورة كهرباء الفرنسيين (ينعكس معدل زيادة أسعار المشتريات عليها)، قرّرت الدولة في العام ٢٠١١، أن تخفّض أسعار الشراء، ما أدّى إلى تباطؤ شديد في السوق. بحسب تقرير حديث أصدرته محكمة مراجعة الحسابات، فإنّ كهرباء الطاقة الفولتضوئية في فرنسا لا تزال تكلّف أكثر بكثير اليوم من الطاقة النوويّة، وحتى لو أصبحت بعد بضع سنوات ذات تكلفة تنافسيّة مع مصادر الطاقة الأخرى، فإنّ ازدهارها يعتمد على إرادة السلطات. يقول "سيدريك فيليبير" Cédric Philibert وهو محلّل في وكالة الطاقة الدوليّة: "اعتمدت ألمانيا سياسة ثابتة وهي تقطف الثمار".

يعود الرادع الأخير إلى طبيعة تلك الطاقة، إذ يعتمد إنتاج الطاقة الفولتضوئية على الشمس، ما يجعل إنتاجها متباين المستويات في النهار ومنعدمًا في الليل، فلا يوافق الإنتاج استهلاك الكهرباء. المطلوب إذن تطوير الشبكة الكهربائيّة الفرنسيّة وإيجاد حلول تخزين اقتصادية.

L.B.

معالم

منذ ١٩٨٦ (بعد حادثة تشرنوبيل النووية)، يشجّع الاتحاد الأوروبي مصادر الطاقة المتجدّدة. **في العام ٢٠٠٥**، اعتزمت فرنسا إنتاج ٢١٪ من الكهرباء من مصدر متجدّد بحلول **العام ٢٠١٠** (الهدف لم يتحقّق: ٨٪ في العام ٢٠١١). حدّدت مباحثات غرونيل المفتوحة حول البيئة (Le Grenelle de l’environnement) **في العام ٢٠٠٩** حصّة الطاقة الفولتضوئية في الكهرباء "النظيفة" بـ٤٠٪ **حتى العام ٢٠٢٠**، هدف ينبغي أن يتم تحقيقه قبل التاريخ المتوقع.

المفتاح الأول

على الرغم من إمكانيّات الطاقة الشمسيّة في فرنسا...

بفعل موقعها الجغرافي، تملك فرنسا "الحقل" الشمسي الأوروبي الخامس. التعرض الشمسي أضعف في الشمال (١٠٠٠ كيلوواط ساعة/م٢ من الجنوب - الشرقي ١٩٠٠ كيلوواط ساعة/م٢). تتقاسم بلدان بحر الأبيض المتوسط والمقاطعات والأقاليم ما وراء البحار الفرنسيّة ٣٠٪ من محطات الطاقة الفولتضوئية الفرنسيّة. ينتج منزل مجهّز بألواح الفولتضوئية موجهة جيّدًا ٣ آلاف كيلوواط ساعة في السنة، أي ما يعادل نصف استهلاك المنزل بالكهرباء.

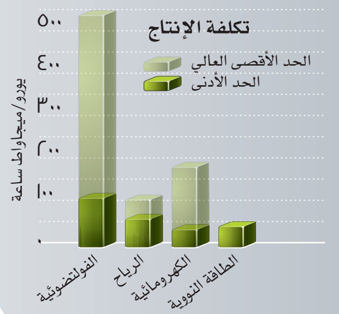


المفتاح الثاني

...لا يزال إنتاج تلك الطاقة مكلفًا للغاية.

الطاقة الفولتضوئية هي الأكثر كلفة: متوسّط يتراوح من ١١٤ يورو/ميجاواط ساعة لمحطة شمسيّة في جنوب فرنسا إلى ٥٤٧ يورو/ميجاواط ساعة لألواح لدى أحد الأفراد في الشمال. لكن أسعار الألواح تنخفض باستمرار، فيما ترتفع أسعار الكهرباء باستمرار (تعرفة شركة كهرباء فرنسا)، من المتوقّع أن تصبح تلك الطاقة تنافسيّة ابتداء من العام ٢٠١٦.

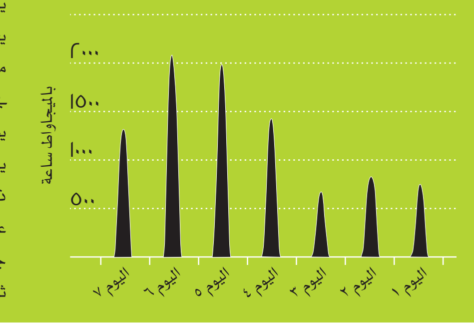
SOURCE: COUR DES COMPTES



المفتاح الثالث

تخضع لاحتمالات الأحوال الجويّة...

يعتمد إنتاج الطاقة الفولتضوئية على الشمس، ولا يمكن أن يتم سوى في النهار، متفاوتًا بحسب ظروف الأحوال الجويّة. من ثَمَّ، في الأسبوع نفسه، يبلغ إنتاجها ذروته في فترة الظهر في يوم صيفي جميل، وينعدم كليًّا عند السابعة مساء، ثم يضعف في اليوم التالي في يوم غائم، إلّا أنّ ذلك التقلّب لا ينسجم مع ذروات الاستهلاك الكهربائي العاديّة، خاصة ذروة الساعة السابعة مساء في الشتاء. على صعيد منزل ما، عند استخدام هذه الطاقة، من الضروري إذًا اللجوء إلى جهاز تخزين لتخفيف هذا التقلّب في مستويات الإنتاج، لكن ثمن البطاريات الحالي لا يزال باهظًا.



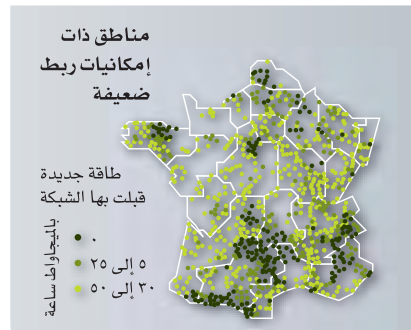
▲ ينتج منزل مجهّز بألواح فولتضوئية حتى نصف أوجه الحاجة الكهربائية لمنزل ما سنويًّا.

المفتاح الرابع

...وتتطلب تكييف الشبكة الكهربائية الوطنية.

في معظم الحالات، يعاد دمج كهرباء الطاقة الفولتضوئية في الشبكة الوطنية. إلّا أنّ قدرات ربط هذه الشبكة مشبعةٌ اليوم، لا سيما في القسم الجنوبي من البلاد، ومن المتوقّع أن يتم تعزيزها. كما أنّ الشبكة ليست مصمّمة لإدارة تلك الطاقة المتقطّعة وتخزينها. ينبغي أن يتضمّن الحلّ شبكات مستقبليّة ذكيّة قادرة على قياس التغييرات في الإنتاج والاستهلاك في وقت حقيقي وتوقعها.

SOURCE: RTE



(1) POURQUOI LE PHOTOVOLTAÏQUE N'EST PAS PLUS DÉVELOPPÉ EN FRANCE, Science & Vie 1153, PP 32-33



٨ بإمكان زجاجة النافذة، وهي مزيج من زجاج ومعدنين، سد الضوء (في حال العتامة) أو حبس الحرارة فقط.

هندسة

زجاج يصفّي -حسب اختيارنا- أشعة الشمس

شغّلوا نمط "البرودة": تمنع النافذة الحرارة من النفاذ. اختاروا نمط "الظلام": ها هي تمنع نفاذ الضوء. اختراع ثوري! في حين اكتفى الزجاج الذكيّ -حتّى الآن- باللّعب على عُتمته، فإنّ هذه النافذة التي طوّرتها جامعة بيركلي (الولايات المتحدة الأمريكية) هي الأولى التي ترشّح الضوء والحرارة بطريقة اختياريّة. إنّها نتاج مزيج زجاج ونوعين من المعادن، أكسيد النيوبيوم المستعمل خاصة في المكثّفات، وأكسيد الألومنيوم والإنديوم، وهي مواد تستخدم في الشاشات المسطّحة. ما الفائدة من هذين المركّبين؟ عند تعريضهما لتفاعلات أكسدة إرجاعية -تلك التحوّلات الكيميائيّة التي تسفر عن فقد الإلكترونات (أكسدة) أو اكتسابها (اختزال)- تتغيّر خصائصها بطريقة قابلة للانعكاس، من ثَمّ فإنّ مزيج الألومنيوم والإنديوم يمرّر أشعّة الشمس تحت الحمراء عندما يكون مؤكسدًا، لكنه يمنعها في حالة "الإرجاع"، فيحول دون نفاذ الحرارة. ينطبق المبدأ نفسه على النيوبيوم: عندما يلتقط إلكترونات، يسود فيكثّف الزجاج، ويتم مرور الإلكترونات عبر تيّار كهربائي يسلك الزجاج (لوحتان زجاجيتان متعدّدتا العناصر يفصل بينهما إلكتروليت، مادة ناقلة) في غضون بضع سنوات، قد تستخدم هذه النافذة لضبط التدفئة والضوء في المنازل والسيارات أو الطائرات، بحسب توقعات "ديليا ميليرون" Delia Milliron التي شاركت في هذه الأعمال.

S.B.



عمليّة الفرصة الأخيرة؟

تجميد فوكـ

I.KATO/REUTERS



ـــوشيما[١]

مرّت سنتان تقريبًا على الكارثة، وما زال الوضع حرجًا في فوكوشيما. تتولّى حاليًا الحكومة اليابانية هذه القضيّة. حلّ جذري يلوح في الأفق: تجميد الموقع تحت الأرض، كتلةً عملاقة من الجليد! والهدف من ذلك: توقيف التسرب الإشعاعي المتسلل من الأنحاء كلّها. زيارة الورشة الدائمة.

بقلم: فينسانت نويريغا[٢]

كيف تتوقع السلطات اليابانية تجميد الجزء تحت الأرضي من المحطة

١ لتوقيف تسربات الإشعاع...

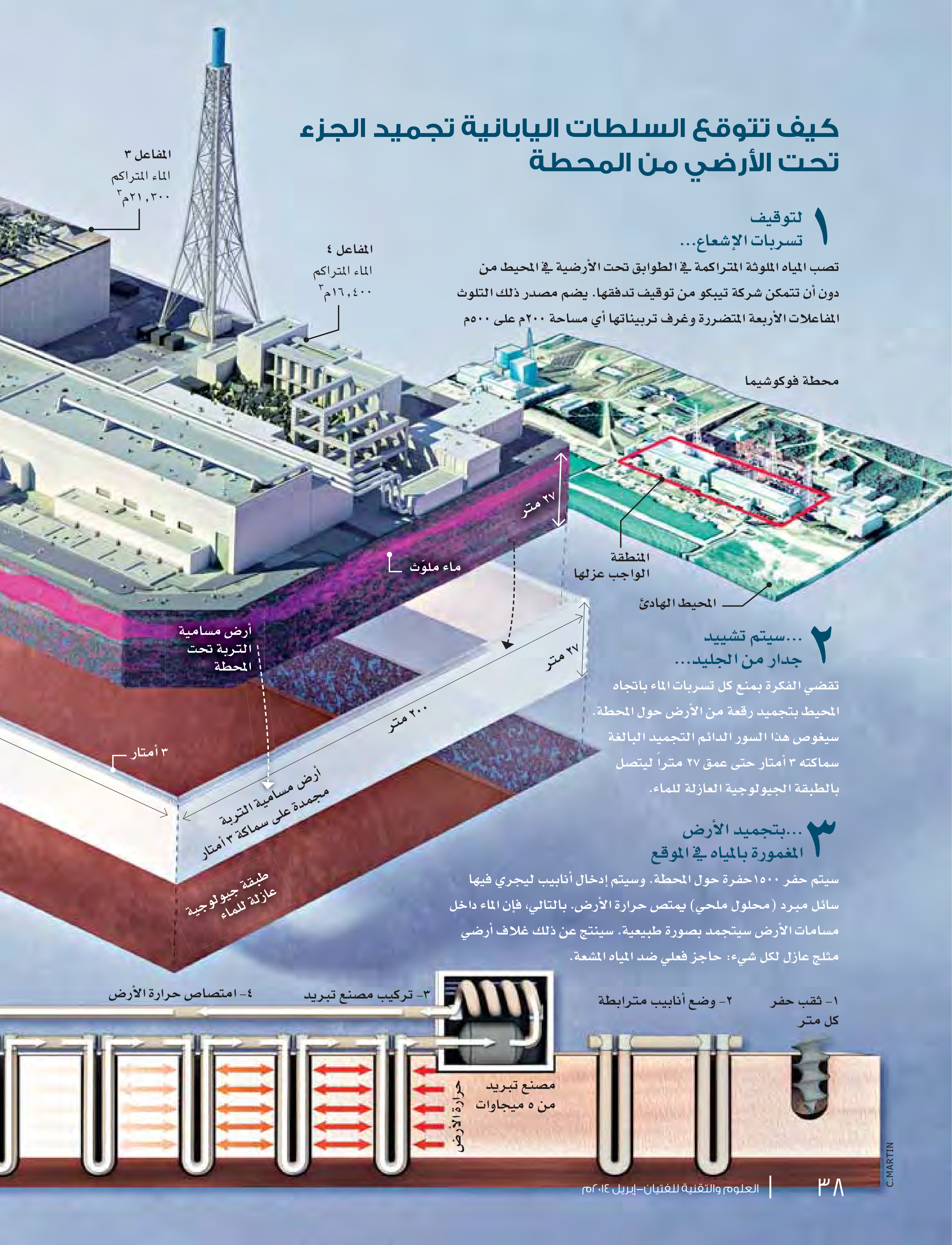
تصب المياه الملوثة المتراكمة في الطوابق تحت الأرضية في المحيط من دون أن تتمكن شركة تيبكو من توقيف تدفقها. يضم مصدر ذلك التلوث المفاعلات الأربعة المتضررة وغرف تربيناتها أي مساحة ٢٠٠م على ٥٠٠م

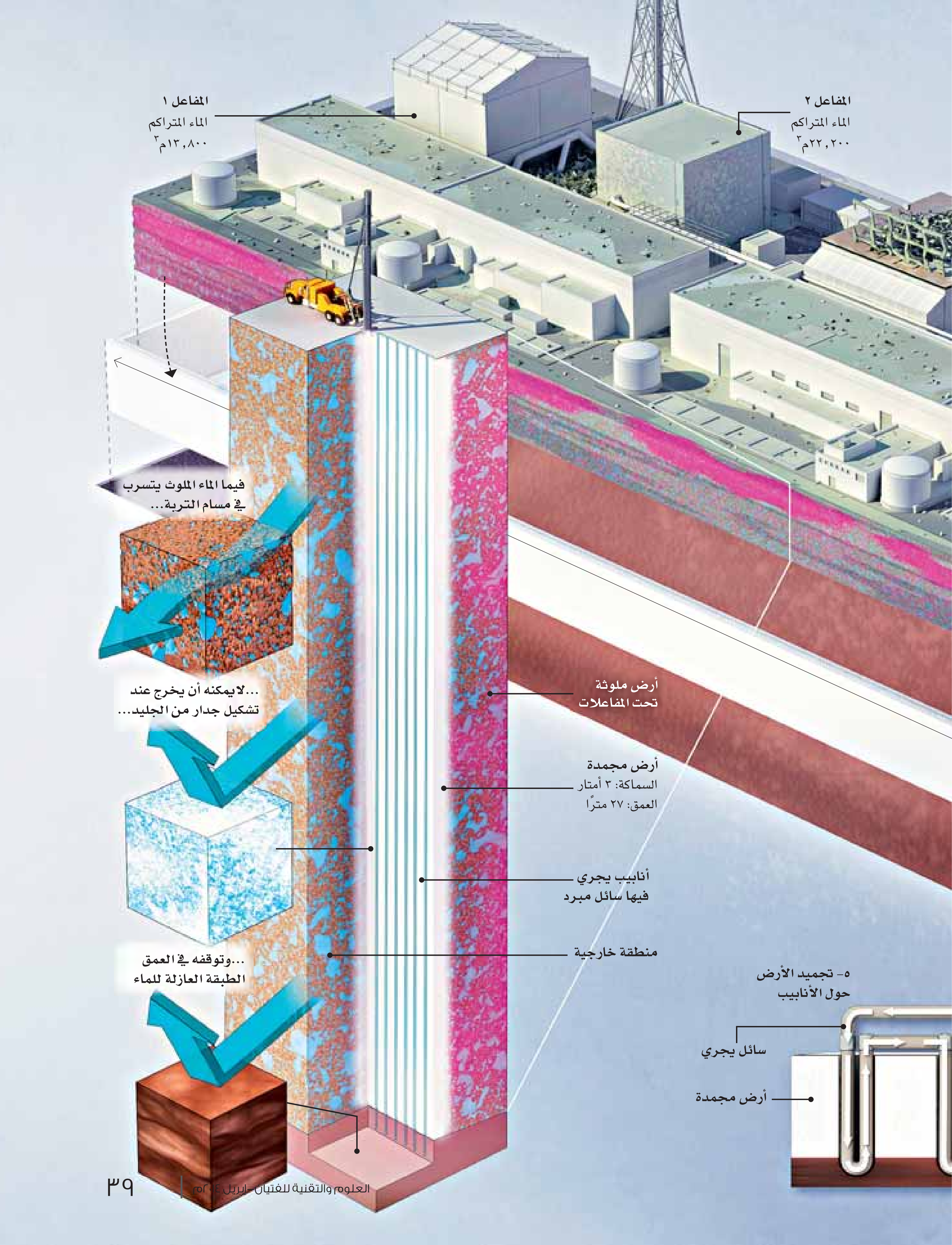
٢ ...سيتم تشييد جدار من الجليد...

تقضي الفكرة بمنع كل تسربات الماء باتجاه المحيط بتجميد رقعة من الأرض حول المحطة. سيغوص هذا السور الدائم التجميد البالغة سماكته ٣ أمتار حتى عمق ٢٧ متراً ليتصل بالطبقة الجيولوجية العازلة للماء.

٣ ...بتجميد الأرض المغمورة بالمياه في الموقع

سيتم حفر ١٥٠٠حفرة حول المحطة. وسيتم إدخال أنابيب ليجري فيها سائل مبرد (محلول ملحي) يمتص حرارة الأرض. بالتالي، فإن الماء داخل مسامات الأرض سيتجمد بصورة طبيعية. سينتج عن ذلك غلاف أرضي مثلج عازل لكل شيء: حاجز فعلي ضد المياه المشعة.




المفاعل ١
الماء المتراكم
١٣,٨٠٠م٣
المفاعل ٢
الماء المتراكم
٢٢,٢٠٠م٣
فيما الماء الملوث يتسرب
في مسام التربة...
...لا يمكنه أن يخرج عند
تشكيل جدار من الجليد...
...وتوقفه في العمق
الطبقة العازلة للماء
أرض ملوثة
تحت المفاعلات
أرض مجمدة
السماكة: ٣ أمتار
العمق: ٢٧ مترًا
أنابيب يجري
فيها سائل مبرد
منطقة خارجية
٥- تجميد الأرض
حول الأنابيب
سائل يجري
أرض مجمدة



كان لا بـدّ للتسـرّب أن يتوقّـف! بعد أكثر من سـنتين على الكارثة، خارت قوى شـركة الكهرباء اليابانيّة تيبكو (Tepco)، ونضبت أفكارها، ونفد منها المال وخسـرت مصداقيتها، وقد عجزت عن السـيطرة على الوضـع. أخطأت الشـركة عندما قلّلت -بمهارة- من شـأن المشـكلات التي نشـأت منـذ ذلـك اليـوم في ١١ مارس ٢٠١١، إلى حـدّ تصـديق وهم أنّ مأسـاة نوويّة يمكن أن تُحلّ كما يُحلّ أيّ حادث صناعي صغير.

للأسـف... بقيت الأعطال في أنظمة الإنقاذ في محطـة فوكوشـيما تتضـاعف إلى أن ظهـرت الحقيقة هذا الصيف: كشفت سلسلة من العيّنات التـي تم اسـتخراجها من قنـوات المفاعـلات أنّ الماء الملوّث يتسـرّب باسـتمرار إلى المحيـط! إنّه السـيناريو الـذي يخشـاه العلماء بحسـب "جوتا كانـدا" Jota Kanda، وهـو عـالم بالمحيطـات في جامعـة طوكيـو: "لأنّ القياسـات التـي أجريت علـى الأسـماك كشـفت عن اسـتمرار النشـاط الإشـعاعي". إثبـات يخالف كلّ التزامـات تيبكو وتصـريحاتها، إلّا أنّ شـركة الكهربـاء اليابانيّة اضطرت أخيرًا إلى الاعـتراف رسـميًّا بحقيقة المسـألة في ٢٢ يوليـو ٢٠١٣. منـذ ذلـك الوقت، تحـوّل القلـق إلى يقين: منـذ سـنتين، لم يتوقّف العملاق عن قذف نشاطه الإشعاعي في البيئة.

كلّا، لم يكـن للتسـرب أن يـدوم. كان لا بـدّ من التصـرف. لكن كيـف؟ أعلن رئيس الوزراء اليابـاني "شـينزو أبـي" Shinzo Abe شخصـيًّا عن الجـواب في الثالث من سـبتمبر ٢٠١٣. فمن الآن وصاعدًا، ستتولّى الحكومة اليابانيّة ووراءها البلد بكاملـه -القـوّة العالمية الثالثـة- الاهتمام بمصـير فوكوشـيما. كانت نبرة حديثه صـارمة: "علينـا أن نواجـه هـذا التحـدّي صـفًّا واحدًا، إنّهـا مسـألة طارئة"، يتعـيّن الآن أن نتخلّص من المشكلة كليًّا".

هـل كان مجرّد كلام يطمئـن به الجميع؟ لا، ليس هذه المـرة، لأنّ قرار "شـينزو أبي" جذري: سـتكرّس الدولة ٤٠ مليار يـن (٣٠٠ مليون يورو) (مـا يعادل ١٥٠٠ مليون ريال سـعودي) لتشـييد حاجـز جليديّ حول المفاعلات الأربعة المتضـررة التي تسـرّب مياهًا مشـعة. بعبارة أخرى، تجميد فوكوشـيما وفي الوقـت نفسـه، منـع التلوث من الانتشـار بعزلهـا عن العـالم طوال سـنوات. إنّه

حقائق وأرقام

يفـرض تبريـد قلـب المفاعلات المتضرّرة النووي ضـخ ٣٥٠م³ مـن الميـاه يوميًّـا، وهـو مقدار يصبّ -تاليًا- تحـت الأرض. في الوقت نفسـه، يتسـرّب يوميًّـا ٤٠٠م³ مـن الميـاه الجوفيـة إلى أقبية المحطّة. يتعيّن علـى تيبكو (Tepco) التـي تضـخّ باسـتمرار، أن تدير اليـوم ٣٤٠ ألـف م³ مـن السـائل ذي النشـاط الإشعاعي العالي.



تحدٍّ لتشـرنوبيل وطوقها الخرساني! مع القاعدة الجليديّـة التـي سـتحتجز عملاقًـا إشـعاعي النشاط، يجتذب فوكوشيما وحده كلّ الاستعارات الأكـثر كآبـة المتعلقـة بالـذرَّة: شـتاء نـووي، أرض عقيمة.

إجـراء عملـي قديـم يعـود إلى ١٥٠ عامًـا خلـت

هـذا الاقتراح، الـذي يبدو كأنّه مسـتمدّ من رسـوم متحرّكـة بسـيطة، واقعـي للغاية. بـل إنّ جـدولًا زمنيًّا رسـميًّا حدّد له: مـن المتوقّع أنه تم تسـليم النسـخة الأولى مـن دراسـة الجدوى في ديسـمبر ٢٠١٣، قبل تسـليم خطط عمل مفصّلة في العام ٢٠١٤، وبدء التنفيذ قبل منتصـف العام ٢٠١٥. إنّهـا مواعيـد عاجلـة للغاية لأنّ المشـروع يرتكـز -وإن بـدا مدهشًـا- علـى تقنيّـة متقنـة ومجازة منذ العام ١٨٦٣.

في الحقيقـة، فإنّ تجميـد الأرض كان يهدف ابتداء من نهاية القرن التاسـع عشـر، إلى تعزيز جدران مناجم الفحم في اسـكتلندا وعزلها. منذ ذلـك الوقت، أصبح هذا الإجـراء بمنزلة عمليّة كلاسيكيّة من عمليّات الهندسة المدنيّة على التربة





ميتسيو ويماتسو
MITSUO UEMATSU

بروفسور في معهد الأبحاث الخاصة بالجو والمحيط، جامعة طوكيو (اليابان)

يتوجب علينا الآن أن نحارب مصدر كلّ العلل: تسرب المفاعلات!



> تولت الحكومة اليابانيّة الاهتمام بالملف: في ٣ سبتمبر ٢٠١٣، أعلن رئيس الوزراء "شينزو أبي" Shinzo Abe (في الوسط) عن تخصيص ٣٠٠ مليون يورو لبناء حاجز جليدي حول موقع فوكوشيما (أعلاه، في ٣١ أغسطس ٢٠١٣).

KYODO / REUTERS - REUTERS - DR

الغرينية. يبقى المبدأ هو نفسه: يجري سائل مبرّد في الأنابيب ويحوّل الماء داخل مسامات التربة إلى جليد، والنتيجة: بقعة من الأرض مجمّدة، تتسم بميزتين قيمتين، فهي أكثر مقاومة للضغط من الإسمنت بمقدار الضعف، وعازلة كليًّا للماء! لا تقنية أخرى تقدم ضمانة عزل أفضل منها. يقول "دان ماجو" Dan Mageau، مدير مؤسسة سويل فريز (Soil Freeze) ومؤلف أطروحة حول لا منفذيّة الأرض المجمّدة مفصّلًا: "في البداية، تتجمّد الأرض حول كل أنبوب، ثم تتوسّع تلك الحلقات، وتعود وتنضمّ إلى بعضها الآخر بعد ثلاثة إلى ستة أسابيع لتشكّل حاجزًا". يكفي بعد ذلك أن نحافظ على التجميد، ما يضطرنا إلى تشييد حاجز مجمّد حول المحطّة التي أصبحت مصفاة حقيقيّة. أحصت لجنة تفكيك المحطة ٨٠٠ فتحة تقريبًا نحو الخارج، بما فيها الفتحات تحت الأرض، أمّا في الداخل، فكل شيء مدمّر. كما يشير "تييري تشارلز" Thierry Charles، المسؤول عن سلامة المفاعلات في معهد الحماية الإشعاعية والسلامة النووية (IRSN)، قائلًا: "الماء المتدفق يوميًّا في قلب المفاعلات لتبريدها باستمرار، يسيل بعد ذلك في كلّ المبنى متراكمًا تحت التربة مع العناصر الإشعاعية المنتزعة من الوقود النووي". ومما يزيد الأمر تعقيدًا أنّ قسمًا من المياه الجوفيّة الواقع تحت المحطّة تسرب إلى أقبية المباني عبر كلّ الفتحات وامتزج بمياه باطن الأرض الملوّثة، مشكّلًا بحيرة قاتلة أصبحت مساحتها اليوم أكثر من ٧٠ ألف م^{3}، ويتبع ذلك التسرّب الشهير نحو المحيط وفق مسار لم يُكتشف سرّه بعد.

يبقى الانتقال إلى التطبيق العملي

حتى الآن لم يتمكّن شيء أو أحد من كبح ذلك التسرّب. مع أنّ تيبكو جرّبت كلّ الوسائل تقريبًا. بدءًا من الضخ المستمر في أساس المحطة. إنّها مبادرة تستحق الثناء، لكنّها تعثرت بمشكلات تخزين ضخمة لكميّة من السائل عالي الإشعاعية يعادل ١٠٠ حوض سباحة أولمبي.

من جهة أخرى، تنهك شركة الكهرباء نفسها في تحويل مسار قسم من المياه الجوفيّة، وتغطية الأرض بالإسفلت لتجنّب نفاذ مياه الأمطار، وردم السراديب تحت الأرض المؤدية إلى البحر، وسدّ الثغرات بوساطة المعجون الصمغي. لكن من دون جدوى. بل أقامت تيبكو منذ أبريل ٢٠١٤ سدًّا فولاذيًّا على طول أرصفة المحطّة، مجازفة برؤية المياه الإشعاعيّة تدور حول العائق أو تصطدم به فتتراكم في مستنقع مهلك لا بدّ من صرف مياهه آجلًا أو عاجلًا. ضخّ المياه وصرفها وسدّ الثغرات، إنّه عمل جبّار وعبثيّ كما في أسطورة سيزيف.

احتدّ ميتسيو ويماتسو Mitsuo Uematsu من معهد الأبحاث حول الجو والمحيط، ←

← (جامعة طوكيو) قائلًا: "يتوجّب علينا الآن أن نحارب مصدر كلّ العلل: تسرّب المفاعلات". ومن هنا أتت أهميّة ذلك السجن الجليدي، السلاح الأخير في معركة الاحتواء: لن تنفذ المياه الجوفيّة مجدّدًا إلى قاعدة المفاعلات حيث تلوّثها العناصر والمياه الإشعاعية، بل إنّ المياه الإشعاعية بحدّ ذاتها لن تتمكّن من النفاذ.

يبقى الانتقال إلى المرحلة العمليّة، إلّا أنّ فكرة تطبيق جهاز صُمّم في الأساس لحماية السراديب أو الأنفاق على مسافة بضعة أمتار على محطة نوويّة ليست كلاسيكيّة على الإطلاق، ففي كندا، شُيّد جهاز تبريد ضخم يبلغ طوله ٣,٥ كلم، لسدّ رشح الزرنيخ في منجم ذهب، ولكن الجهاز لم يُشغّل قط لأسباب ماديّة. في الحقيقة، أجريت تجربة واحدة في مجال الاحتواء النووي: كان ذلك في مختبرات أوك ريدج Oak Ridge في الولايات المتّحدة الأمريكيّة، بين ١٩٩٨ و٢٠٠٤، حول نفايات قديمة مخزّنة من دون أيّ حيطة. يناقش "ادوارد يارماك" Edward Yarmak وهو مهندس في شركة أركتيك فاونديشونز (Arctic Foundations) التي قادت العملية قائلًا: "التجميد كان الحلّ الأكثر فعالية للقضاء على تلك المشكلة، ومن ثم تطهير الموقع".

التجميد: من الهندسة المدنية... إلى النووية

تستعمل الهندسة المدنية بانتظام تجميد التربة لتثبيت الأراضي الرخوة، بشكل يسمح بحفر أنفاق (إلى اليسار) أو سراديب للمناجم (أعلاه). ولكن قد تستعمل تلك التقنية أيضًا لتطبيق مصدر التلوّث لإيقاف التسرب الكيميائي أو النووي في باطن الأرض.

إنّها عمليّة سمحت بتثبيت سدوديّة رقعة الجليد. نموذج يُحتذى به لفوكوشيما. حتى لو بدا النموذج الياباني أعظم ٣٠ مرة.

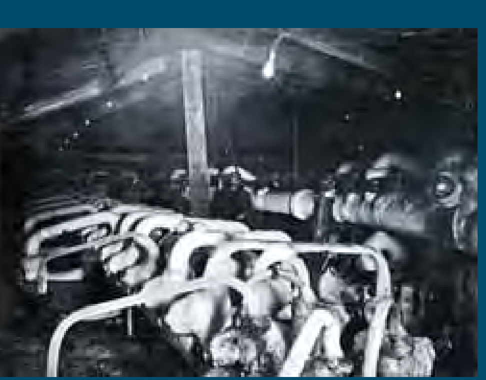
من الضروري أن تنجح...

فيما يتعلق بالتجميد، ستكون الطاقة المستهلكة متواضعة، وفق وعود الخبراء، إذ يقدّرون حجم الطاقة التي ستستهلكها محطة التبريد الذي يتعيّن تشييده بحوالي ٥ ميجاوات على الأكثر، ولن يحدث عطل كهربائي دون أيّ أثر، نظرًا لجمود ذلك الحصن الجليدي. أظهرت الاختبارات التي أجريت في أوك ريدج -في الواقع- أنّ أسبوعًا من توقيف التبريد لا يسفر عن أيّ عواقب.

ما المدّة التي يُفترض أن تصمد ركيزة الجليد في فوكوشيما خلالها؟ لم يُحدّد أيّ إطار زمني، لكنّ جهازًا من هذا النوع قادر على العمل لأكثر من عقد كما يؤكد الاختصاصيون. يبدو أنّ السدّ الجليدي من الناحية النظريّة يتّسم بكل الميزات، بما فيها قدرته على ترميم نفسه بعد حصول زلزال، أمّا على أرض الواقع، فانتظار رؤية النتائج. يتعيّن على التقنيّين الاقتراب عن كثب من المفاعلات لتركيب القنوات البالغ طولها ١٤٠٠م، في ظروف غير مؤاتية لهذا العمل الذي يتطلب دقّة عالية. لا يمكن إعداد صف قنوات التبريد وتباعدها دون الاستعداد لذلك، تفاديًا لتخلّل الجدار مواطن الضعف. يصرّ

في العام ١٩٠٨، كانوا يجمّدون سراديب باريس تحت الأرض لتمرير قطار الأنفاق

التقنية التي قد تنقذ فوكوشيما هي نفسها التي سمحت لقطار الأنفاق الباريسي بالمرور تحت نهر السين للمرة الأولى. حصل ذلك في العام ١٩٠٨. هدف المشروع إلى ربط محطّتي سيتي Cité وسان ميشال Saint-Michel. اضطر المهندس "ليون شانيو" Léon Chagnaud إلى إثبات براعته. كان قسم من الأرض طريًا، فقرّر أن يجمّده بحقن (أدناه، المضخات) محلول ملح الكالسيوم بحرارة -٢٤م°، من محطتي تبريد شُيدت في هذا المكان. وقد جذبت عشرات الأمتار المسبّبة للمشكلة التي تطلبت حوالى سنة من الأعمال، سكان باريس كلهم الذين أتوا لمشاهدة الجهاز.





"دان ماجـو" Dan Mageau على القول: "يتطلّب التجميـد الجيّـد حسـابات دقيقة تراعـي طبيعة التربـة وموصـليتها الحراريّـة، وسـرعة جريان الميـاه الجوفيـة..." فقد يـؤوّل ذلك إلى الفشـل، كما يحـذّر "جوزيـف سـوبكو" Joseph Sopko، وهـو اختصاصـي آخـر في التجميـد: "قـد تمنع المياه المتدفقة بسرعة تحت الأرض ببساطة تشكّل جـدار الجليـد". إلّا في حـال أفسـدت سـراديب المحطـة الكثـيرة سـدودية الحاجـز المجمد، وفي حال حصول تسـونامي، كيف ستكون ردة الفعل؟ هذه الأسئلة وكثير غيرها يقلق المهندسين. مازلنا نتذكّر غلاف تشـرنوبيل الخرسـاني الذي تحوّل إلى مأزق على المدى الطويل.

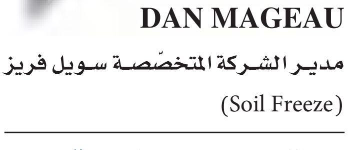
المقصود عزل هذا الوحش الإشعاعي المقيت عن العالم لسنوات طويلة

لليابانيـين، لا خيـار سـوى نجـاح عمليّـة التجميد، حتى لو لم يؤثر التسـرب المحرج للسائل الـذي لوحـظ على جوانـب مفاعلات فوكوشـيما تأثيرًا مبدئيًا على السكان. بالرغم من مصابها،

وفي فرنسا؟

في العـام ٢٠٠٨، طلبـت سـلطة السـلامة الفرنسيّة من شـركة كهرباء فرنسـا (EDF) أن تحدّد تدابيرها السـريعة لمواجهـة تلـوّث البحر أو تلوّث المياه الجوفية في حـال حصـول حـادث. عدّت شـركة الكهربـاء أنّه من غير الضـروري التعمّق في دراسـات مـن هـذا النـوع، عـادّة أنّ الحـادث بعيـد الاحتمـال والتقنيات المفترض اعتمادها صـعبة للغاية. موقف حافظت عليه في العام ٢٠١٣.





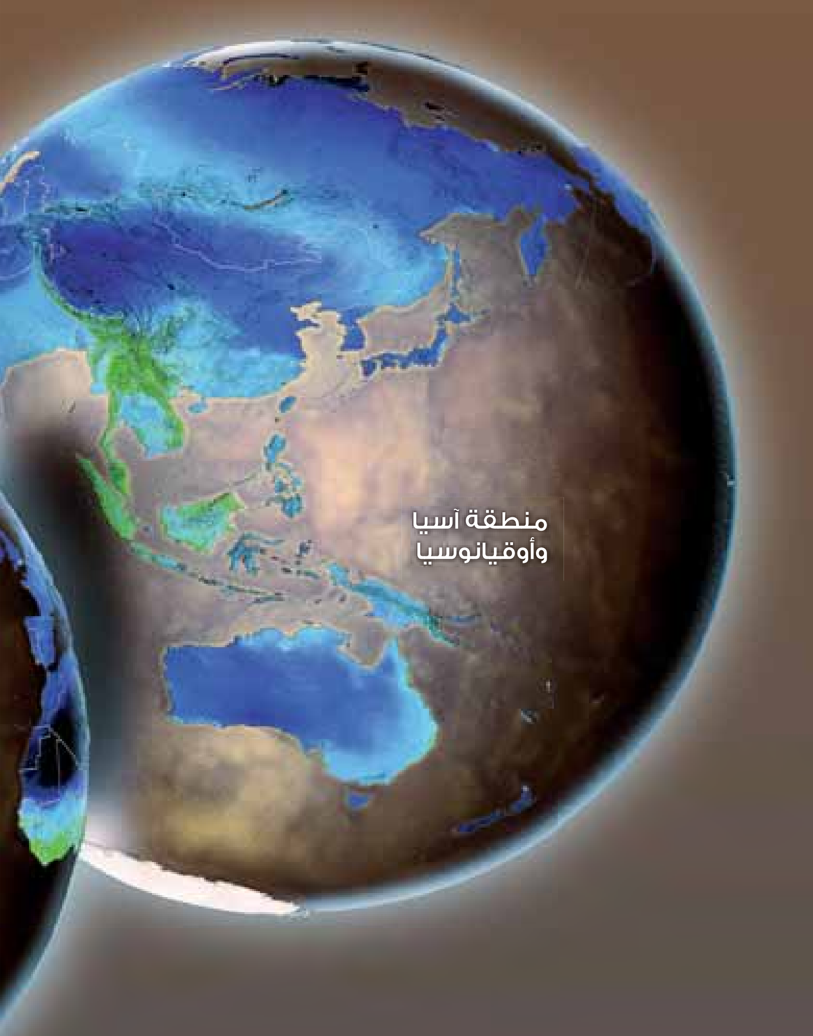
دان ماجو
DAN MAGEAU
مديـر الشـركة المتخصّصـة سـويل فريز (Soil Freeze)

يتطلب تجميد التربة حسابات عالية الدقة بسبب طبيعة التربة وسرعة تدفق المياه

من حسـن حظ تيبكو أنّها تسـتطيع الاعتماد على المحيط الهادئ لتخفيف هذا التسرب. حالما يبتعد هـذا النشـاط الإشـعاعي مسـافة ٠,٣ كم٢ عن المحطـة، يكاد لا يسـتبان. بحسـب "جوتا كاندا" Jota Kanda: "منـذ سـنتين، تعدُّ تلـك التدفّقات المزمنة بسـيطة مقارنة بالانبعاثـات الكثيفة التي شـهدناها في مارس وأبريـل ٢٠١١، تركيزهـا ضـئيل للغاية وأقـلّ من أن يتخطّى لحم السـمك المستويات المسموحة".

في الحقيقـة، لم يخلُ قرار شـينزو من دوافع سياسـية، بـين تنظيـم الألعـاب الأولمبيـة للعـام ٢٠٢٠ في طوكيـو، وإعـادة إحياء الطاقـة النوويّة في اليابان ونشـاطات صـيد الأسـماك في شـمال شـرق البلاد. لكن الرهان نفسـي أيضًـا: الطرح في المحيط -إرث البشرية المشترك- يتّسم بتأثير رمزيّ كبير ويثير "قلق اليابانيين" بحسب تيبكو. "أصبحت كلمة "طرح" محرّمة في اليابان" وفق "تييري تشـارلز" Thierry Charles. لنراهن على بقاء اسم فوكوشيما طويلاً... مُثيرًا للخوف. ■

(1) L'OPÉRATION DE LA DERNIÈRE CHANCE? CONGELER FUKUSHIMA, Science & Vie 1154, PP 112-119
(2) VINCENT NOUYRIGAT



أخبار الأرض

الحفاظ على الأنواع

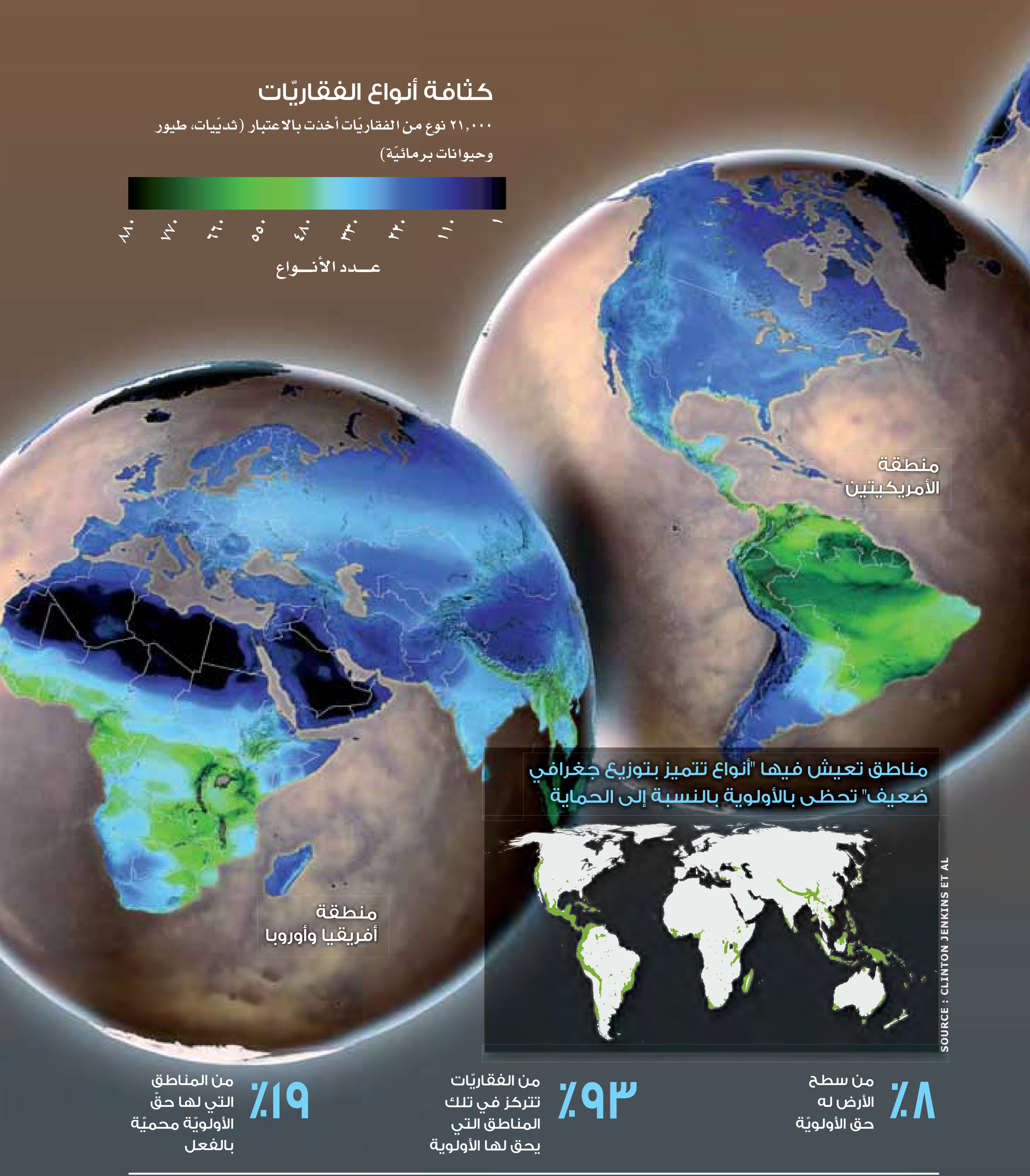
أخيرًا، تحديدٌ دقيق للموقع الجغرافي للتنوّع البيئي[1]

"لحماية الحيوانات، يتعيّن علينا أن نعرف مكانها". انطلاقًا من هذه الملاحظة، أحصى (كلينتون جينكينز Clinton Jenkins) وفريق عمله (جامعة كارولاينا الشماليّة في الولايات المتحدة الأمريكية) أكثر من ٢١ ألف نوع من الفقاريات على الأرض، من خلال تحليل المعطيات المتوافرة على مقياس رفيع للغاية: ١٠ كلم على ١٠ كلم.

النتيجة: أطلس تنوّع بيئيّ أدقّ بمقدار مائة مرّة من الذي كان معتمدًا حتى الآن! ويشير الباحث قائلًا: "من الأهميّة بمكان أن ننظر إلى العالم بعين الغاية المنشودة لإنجاز أعمال الحماية المحلية، ونحن نقترب منها من خلال هذا المقياس". تعجّ الأمازون وإفريقيا ومنطقة جنوب شرق آسيا بأكبر عدد من الفقاريّات. لكن كيف نحدّد المناطق التي ينبغي أن تحظى بأولويّة الحماية؟ أحصى الباحثون الأنواع التي "تتوزع جغرافيًا بأعداد قليلة" (نجدها قليلًا في المناطق المختلفة)، والأكثر عرضة لخطر الانقراض من غيرها. من المفترض أن تحظى المناطق التي يتركّز فيها أكبر عدد من تلك الأنواع بجهد معزّز: الأنديز، مدغشقر، جنوب شرقي آسيا؛ "لأنّ ما يُبذل اليوم من جهود لا يزال غيرَ كاف". كما أظهرت الدراسة مناطق تتّسم بأولويّة على غيرها: غينيا الجديدة، أو الساحل الشرقي الأستراليّ أيضًا.

M.S.

G. CIRADE



(1) L'ÉTAT DE LA BIODIVERSITÉ EST ENFIN GÉOLOCALISÉ AVEC PRÉCISION, Science & Vie 1153, PP 26-27



علم المحيطات

عالم البحار

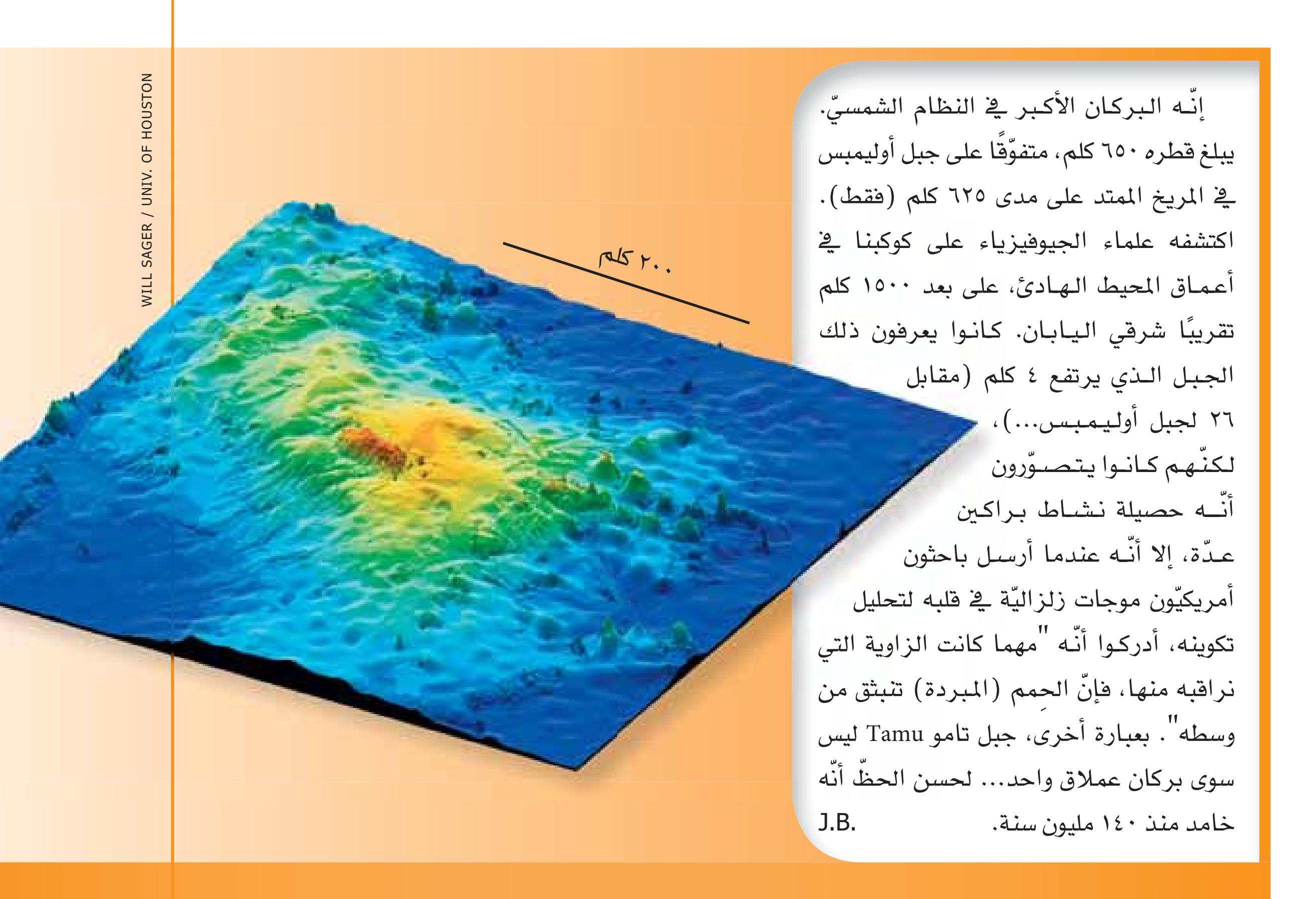
سريع التأثّر بالاحترار

كيف يؤثر التغيير المناخي في الحياة البحرية؟ للإجابة عن هذا السؤال، وحّد باحثون من سبع عشرة مؤسسة جهودهم لجمع كل الملاحظات الخاصّة بهذا الموضوع. دقّقوا في ٢٠٨ دراسة وجمعوا معطيات عن أكثر من ٨٥٠ نوعًا بحريًا في أنحاء الأرض. توزيع جغرافي، ووفرة وتكلّس (تشكل الصدف)... يظهر التحليل أن تأثّر الكائنات البحرّية بالتغيير المناخي يزيد أحيانًا عن تأثر نظيراتها على الأرض. فتحت تأثير سخونة ماء السطح، ينتقل سكّان المحيطات باتجاه القطبين قاطعين معدل ٧٢ كلم في كلّ عقد، أمّا على الأرض، فإنّ هذه الهجرة المناخيّة هي أبطأ بعشر مرات. أكثر الأنواع سعيًا للجوء إلى مكان أبرد، هي العوالق النباتيّة، والعوالق الحيوانيّة والأسماك العظميّة. وملاحظة أخرى: بما أنّ الحرارة الربيعيّة سُجّلت في وقت باكر في السنة، فإن الظواهر المرتبطة بالربيع مثل إزهار العوالق النباتية حدثت قبل موعدها. فهي تتقدّم أربعة أيام كلّ عشر سنوات، أي بسرعة تعادل الضعف قياسًا بالأرض. كم من المعلومات الهامة للتنبؤ بمستقبل الموارد المحيطيّة. L.C.

> الأسماك العظمية (هنا كيفوسوس كونينغ **Kyphosus cinerascens** وسيزيو كونينغ **Caesion cuning**، في حوض المحيطين: الهندي والهادئ) هي الأسرع هجرة نحو القطبين.

الأرض

أكبر فوّهة بركان في العالم (بل، وفي الكون)



إنّه البركان الأكبر في النظام الشمسيّ. يبلغ قطره ٦٥٠ كلم، متفوّقًا على جبل أوليمبس في المريخ الممتد على مدى ٦٢٥ كلم (فقط). اكتشفه علماء الجيوفيزياء على كوكبنا في أعماق المحيط الهادئ، على بعد ١٥٠٠ كلم تقريبًا شرقي اليابان. كانوا يعرفون ذلك الجبل الذي يرتفع ٤ كلم (مقابل ٢٦ لجبل أوليمبس...)، لكنّهم كانوا يتصوّرون أنّه حصيلة نشاط براكين عدّة، إلا أنّه عندما أرسل باحثون أمريكيّون موجات زلزاليّة في قلبه لتحليل تكوينه، أدركوا أنّه "مهما كانت الزاوية التي نراقبه منها، فإنّ الحِمم (المبردة) تنبثق من وسطه". بعبارة أخرى، جبل تامو Tamu ليس سوى بركان عملاق واحد... لحسن الحظّ أنّه خامد منذ ١٤٠ مليون سنة.

J.B.

كيف يُصنع



الذهب في الكواكب؟[1]

كان حلم الكيميائيّين القدامى، وحققه الفيزيائيّون الفلكيّون: فقد حلّوا لغز تشكل الذهب. انبثقت كلّ معادن الكون الثمينة من لقاء متفجّر بين نجمين مشحونين بالنيوترونات.

بقلم: فابريس نيكو[2]

"ذهب! ذهب!" صرخة أطلقها باحث بالفعل، لكنه ليس باحثَ ذهب. (ادو بيرجير Edo Berger) فيزيائيّ فلكيّ بارع من جامعة (هارفارد/الولايات المتحدة الأمريكية)، يعيش وعيناه تحدّقان إلى النجوم، وفيما كان يتفرّس السّماء مع فريقه، رصد حقلًا ضخمًا: ألف مليار مليار طن (10^{21}) من الذّهب في الفضاء: أيّ كثافة القمر بمقدار عشر مرات! إنّ قيمة كنز من هذا النوع مذهلة، عشرة مليارات مليارات المليارات (10^{28}) من الدولارات بحسب السّعر الحالي، ستؤدي هذه الكمية بالطّبع إلى انهيار الأسعار وفقدان المعدن الثمين كل قيمته.

إلا أنه لا أمل في حدوث ذلك؛ فالذهب في الفضاء ليس مخزونًا من السبائك، بل مسحوق ناعم للغاية رُصد على بعد ٣,٩ مليار سنة ضوئيّة من الأرض، وهي مسافة طائلة. وبفضل هذا الاكتشاف، اكتشف الباحثون أكثر من مجرّد حقل واحد: فقد أصبحوا يعرفون مصدر كلّ ذهب الكون، بما فيه ذَهبنا!

> عشرة أضعاف حجم القمر من الذهب الخالص! رصد الفيزيائيّون الفلكيّون هذا الحقل المذهل على بعد ٣,٩ مليار سنة ضوئيّة من الأرض.

إضاءة

أشعّة جاما

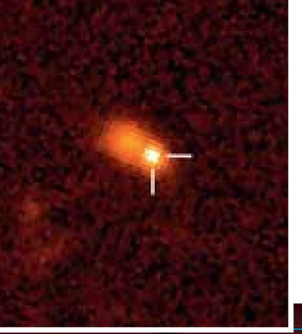
إشعاع كهرومغناطيسي، المماثل بطبيعته للضوء سوى أنه أكثر طاقة، وهو ناتج عن تفكّك النوى الذريّة.

بدأ كل شيء في ٣ يونيو، عندما أصيبت الأرض بوميض من الطاقة. لم نشعر بشيء؛ لأنّ الوميض انطلق من بعيد، من مجرّة أخرى؛ لذا فقد وصلتنا ضعيفة للغاية، على شكل دفق من >أشعة جاما<. إلّا أنّ (سويفت Swift) أحد أقمار وكالة الفضاء والطيران ناسا سجّل كلّ ما حصل.

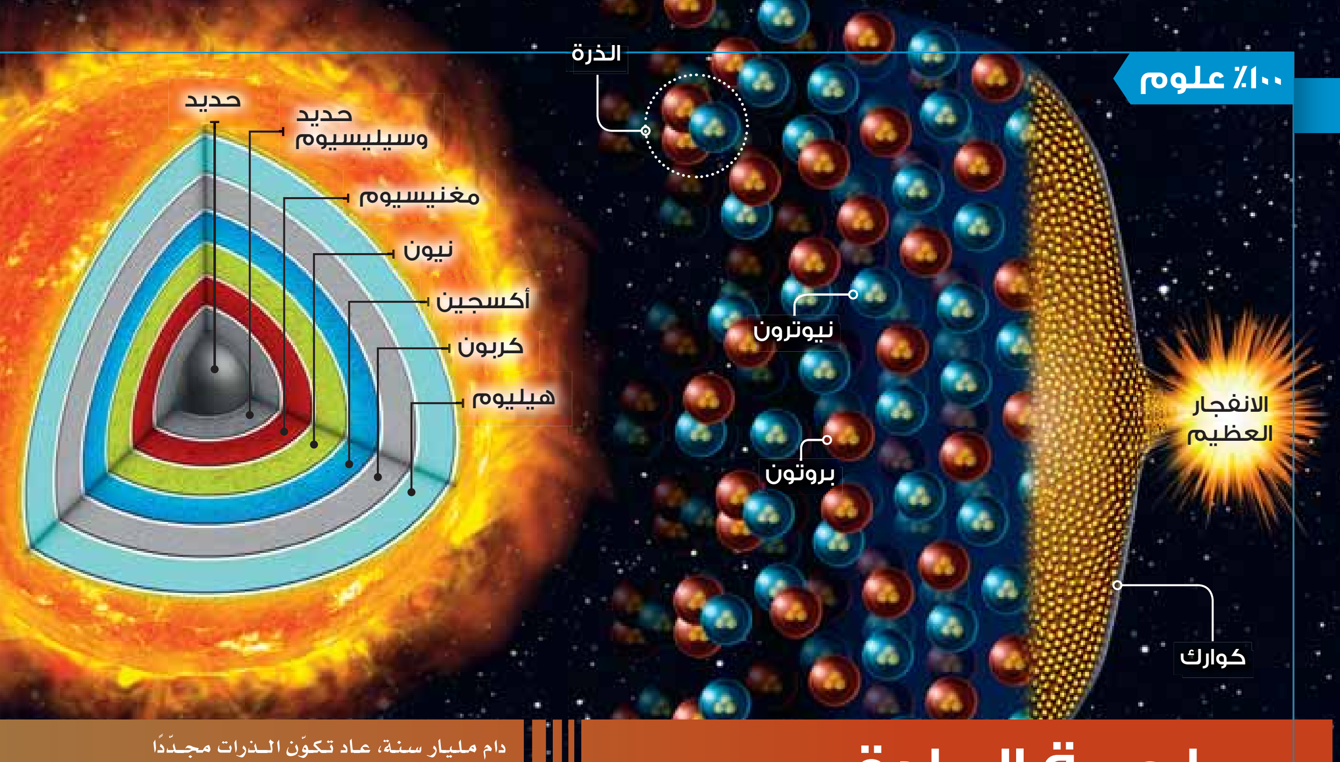
يقيس هذا القمر المختصّ برصد "ومضات جاما" قوّتها ويحدّد مصدرها، ما يسمح باستنتاج قوّتها الأساسيّة. إنّه دفق عظيم؛ ففي عُشرَي الثانية -أي مدّة الومضة- بلغت كميّة الطاقة المنبثقة من المصدر ما تنتجه الشمس خلال مليون سنة! من الطبيعي إذًا أن تشتهر أشعة جاما بأنها الأحداث الأكثر احتواء على الطاقة في الكون. من الفضاء، يسجّل القمر الاصطناعي سويفت باستمرار الومضات التي سُميّت "GRB 130603B"، لكنه ليس مجهّزًا للحصول على صورة من المصدر. وحالما يُحدّدُ مكانه، تدور المقاريب باتجاهه.

لغز كُشف عبر المقراب

أوّل مقراب التقط صورة هو (مقراب ماجيلان Magellan) في (لاس كامباناس Las Campanas) في تشيلي؛ فقد صوّر بعد ثماني ساعات من مرور الومضة، نقطة مضيئة في مجرّة قصيّة (راجع الصورة أدناه). بعد أقل من ساعة، أكّد المقراب الفضائي (هابل Hubble) الذي استُعين به، ما سجّله ماجيلان وحسّن ملاحظاته؛ فقد دقّق في النقطة الضوئيّة التي تراجعت حدّتها حتى اختفت، ثمّ تمكّن الباحثون من تحليل الضوء الذي أحدثه الانفجار. لم يميّزوا ذرّات بالطبع (لا يمكن من هذا البعد) بل لاحظوا أشعّة تحت حمراء قويّة، ذات درجة لون مميّزة للغاية، لا تراها العين المجرّدة، إنما تسجّلها أدوات استشعار المقاريب بدقّة. يعرف علماء الفلك ذلك الضوء؛ لأنه ينبثق على الأرض إثر تفكك نوى الذرّات المشعّة الثقيلة، التي تتضمّن عشرات البروتونات والنيوترونات، مثل اليورانيوم. تشكّل تلك النوى غير المستقرّة لدى تفكّكها عناصر ثابتة، مثل: الذهب والبلاتين والرّصاص؛ لذلك فقد استنتج علماء الفلك وجود الذهب دون أن يروْه مباشرة، وبما أنّ قوانين الفيزياء ثابتة في كلّ أنحاء الكون، فلا مبرّر لأن يسفر التفكّك المشعّ الذي تم قياسه على بعد ٣,٩ مليار سنة ضوئيّة عن عناصر غير التي نشاهدها على الأرض. هذا الاكتشاف كنزٌ ←



> تشكّل الذهب إثر تصادم نجمين في مجرّة بعيدة. إليكم صورة الاصطدام الأولى، التي التقطها المقراب "ماجيلان" Magellan، بعد ثماني ساعات من الانفجار.



ملحمة المادة

يقول العلماء أن الذرات تكونت في الدقائق الأولى التي تلت الانفجار العظيم، منذ ١٣,٨ مليار سنة، مع ظهور الهيدروجين والهيليوم، وهما أخف العناصر. بعد انقطاع دام مليار سنة، عاد تكوّن الذرات مجددًا في قلب النجوم. بفضل ارتفاع درجة الحرارة والضغط تشكل على التوالي الهيليوم والكربون والأكسجين... وصولًا إلى الحديد.

إضاءة

تُعدّ الذرتان **نظيرتين** حين تتشابهان في عدد البروتونات وتختلفان في عدد النيوترونات التي تحتويهما.

← في كلّ مـا للكلمة من معنـى؛ لأنّنا حتى الآن لم نكن ندرك –تمامًا– مصـدر العناصـر الثقيلة مثل الذهب.

في الواقـع –وخلافًـا لمـا قـد نتصـوّره– فإنّ الـذرّات ليسـت قديمـة قـدم الكـون؛ فالانفجار العظيم الذي حصـل منذ ١٣,٨ مليار سـنة سلّم الذرّات مجموعة واحدة! فلا كربون ولا أكسـجين ولا حديـد ظهر مباشـرة مـن العدم، بـل انبثقت مكوّنـات المـادة الأوليّـة: الكـوارك، والإلكترون، وعند الانفجار الكبير كانت الحرارة أكثر ارتفاعًا –ملايين مليـارات الدرجات– مـن أن تتيح تكوّن بُنى متطوّرة أخرى غير تلك الجسيمات الأوليّة.

نتجت المادة عن الانفجار العظيم، أمّا الذهب فلا!

بيْـد أنّـه بمجـرّد انخفاض الحـرارة إلى أقـل مـن ألـف مليـار درجـة –وهذا يحـدث بعد جـزء مـن مليون ثانيـة فقـط– يتجمّـع الكوارك لتشـكيل النيوترونات والبروتونات، وهما المكوّنان الرئيسـان لنوى الذرات (انظر الرسـم أعلاه). نـواة الهيدروجين المكوّنة مـن بروتون واحد كانت الأولى ظهورًا، وعندمـا تنخفض الحرارة مزيدًا، تبـدأ اللقـاءات بـين البروتونـات والنيوترونات، فتبدأ أخيرًا صناعة الذرّات.

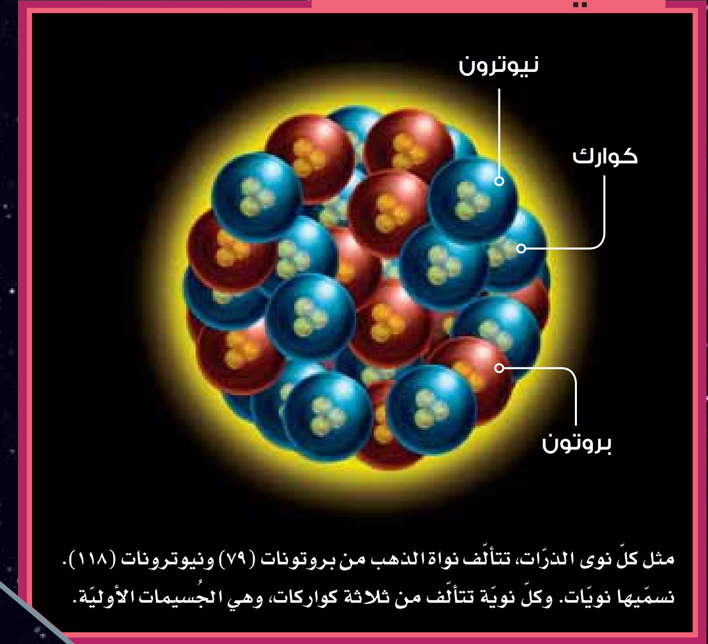
لـدى تقريـب نيوتـرون وبروتـون –علـى مسـافة قريبة فعلا– يبقيـان مرتبطَين بفعل قوّة عظيمـة، لكنّها لا تؤثر سـوى في مسـافة صـغيرة للغايـة "التفـاعل القـوي". يلتصـق البروتـون بالنيوترون والنتيجة: ظهور الدوتريوم، <نظير> الهيدروجين. أمّـا لقاءات البروتونات فيما بينها، فمسألة أكثر دقة، ذلك أن البروتونين لا يرتبطان؛ فكلّ منهما يحمل شحنة كهربائية موجبة. والجمع بينهما أشبه بمحاولة لصق قطبين متشابهين من المغناطيـس، فهما يتنافران بشـدة. بيْد أنّ لذلك النفور حـلًّا؛ إذ يتطلّب الأمر تصـادمات عديدة بين البروتونـات بطاقة كبـيرة، وفي حالات نادرة للغايـة، يبقـى أحد البروتونـين ملتصـقًا بالآخر بفعـل التفاعـل القـوي، وفي الدقائـق الأولى التي تبعـت الانفجـار الكبـير، كان الكـون صـغيرًا وغنيًّا بمـا يكفي مـن الطاقة لحدوث هـذا النوع من اللقاءات.

خلال الاصطدامات، تتشـكّل ذرات جديدة: نظائـر للهيليـوم (٢ بروتـون + ١ أو ٢ نيوتـرون) والليثيـوم (٣ بروتـون + ٣ أو ٤ نيوتـرون) ثـمّ لا شـيء. في الواقع، فيما كانت تلك الذرّات تتشكّل، توسّـع الكون توسّعًا مذهلًا فتميّعت المادة، وتدنّت كثافة الطاقة. عندما انخفضـت حـرارة "الكون الطفل" إلى أقلّ من مليار درجة، لم يعد ثمّة طاقة كافيـة لدمـج البروتونات، وهذا شـرط أساسـي لإتاحـة تكويـن ذرّات يتزايـد حجمهـا تدريجيًّا.

بعد الحديد، لا يمكن للنجم أن يصنع شيئًا؛ فهو ينفجر فيصبح **مستعرًا أعظم**، كما في تلك الصورة لسديم السرطان (كلّ ما تبقّى من نجم شاهدنا انفجاره في العام ١٠٥٤). يسمح الانفجار بصنع عناصر أكثر ثقلًا (نيكل ونحاس وزنك...) ونشر تلك الذرّات الجديدة في الكون. لكن مبدئيًّا،

حتى المستعرات العظمى تبدو عاجزة عن صنع عناصر ثقيلة ثقل الذهب والرصاص والبلاتين. إذًا من أين أتت؟ حُلّ اللغز أخيرًا...

في قلب الذرّة



مثل كلّ نوى الذرّات، تتألّف نواة الذهب من بروتونات (٧٩) ونيوترونات (١١٨). نسمّيها نويّات. وكلّ نويّة تتألّف من ثلاثة كواركات، وهي الجُسيمات الأوليّة.

إنها نهاية الحلقة الأولى التي دامت خمس دقائق فقط! للتتمة، علينا أن نصبر مليار سنة في انتظار ولادة المجرّات الأولى. وفي تلك الفترة، كان الكون يتألّف بالأساس من الهيدروجين والقليل من الهيليوم ونظيريهما، تتجمّع هذه الذرّات وتشكل غيومًا ضخمة من الغاز: إنّها المجرّات الأولى، التي سرعان ما ستشتعل النجوم فيها.

كلّ نجم مسبَك للذرات

ذلك الضوء هو الدليل على عودة مسبَك الذرات للعمل. تنهار غيوم الغاز الكبيرة التي تشكّل المجرّات في مكانها تحت تأثير التجاذب، وفي قلب هذه الانهيارات، احتُجزت البروتونات وبدأت تتقلّب في كلّ الاتجاهات، و حرارتها ترتفع. تصاعد الضغط إلى حدّ أنّ الظروف باتت مواتية للانصهار، ولدى ارتفاع الحرارة إلى ١٠ ملايين درجة، اندمجت ذرّات الهيدروجين لتشكّل الهيليوم. يطلق هذا التفاعل قدرًا هائلًا من ←

ILLUSTRATIONS : MICHEL SAEMANN POUR SVJ, PHOTO NÉBULEUSE : J. HESTER, A. LOLL / ESA / NASA

← الطاقة. وُلد نجم، وبدأ يسطع ويتحوّل بقوّة الهيدروجين إلى هيليوم، هذا ما سيفعله الجُرم طوال حياته التي تمتدّ مليارات السنوات تقريبًا. عندما يتحوّل قسم كبير من الهيدروجين، تدنو نهاية النّجم، لكنّه سيكون مثمرًا للغاية قبل أن يختفي. ينصهر الهيليوم بدوره ويشكّل ذرّات الكربون (٦ بروتونات و ٦ نيوترونات) ويحرّر هذا التفاعل الجديد طاقةً فيطيل قليلاً حياة النجم. تُصاغ إذًا في قلب النجم عناصر يتنامى وزنها تدريجيًّا دافعة بالعناصر الأخف وزنًا إلى المحيط، فيصبح النّجم أشبه ببُصيلة تتألف من طبقات مختلفة من الذرّات: أكسجين، ونيون، وماغنيسيوم ... (راجع الرسم ص. ٥٠). بيْد أنّه حين تصل هذه العمليّة إلى الحديد، تتعطّل كل الصياغة. حتى الآن، كان اندماج الذرّات يشكّل مصدر طاقة النجم. تحمي هذه الطّاقة الغازات التي يتألّف منها الجُرم، وتجعلها ساطعة، وعند دفعها باتجاه الخارج، تُجنّب النجم التقلص بفعل وزنه، ولكن ابتداءً من الحديد (٢٦ بروتونًا) لا يولّد الاندماج طاقةً، بل يستهلكها. هكذا، عندما يصبح قلب النجم مجرّد كرة مفعمة بالحديد، لا يعود ينتج حرارة؛ يتوقّف اندفاع الغازات نحو الخارج فينهار الكوكب على نفسه، وإذا كانت كتلته أعظم على الأقل ١,٤ مرة من شمسنا، تكون النتيجة مذهلة للغاية.

يخفي النجم قلبًا من حديد يتسبب بهلاكه

في "قلب قلب" النجم، كرة يبلغ قطرها عشرات الكيلومترات، الضغط فيها شديد إلى حدّ انهيار الذرّات في داخلها، فتتفكّك إلى نيوترونات وإلكترونات وبروتونات، ثم تتفاعل البروتونات والإلكترونات مع بعضها بعضًا بدورها لإنتاج النيوترونات، وهكذا لم يعد مركز النجم سوى "حساء" كثيف من النيوترونات فائقة الكثافة. يزن نرد من ذلك الحساء ٣٠٠ مليون طن!

وأثناء انهيار طبقات النجم بفعل وزنها، تتعثّر بهذا القلب المنيع، فتهزّ النّجم سلسلة من الموجات العنيفة، وفي غضون بضع ساعات فقط، ينفجر النجم متحولاً إلى >مستعر أعظم<، مطلقًا ضوءًا تتجاوز حدّته حدّة كلّ نجوم المجرة الأخرى. وتتشتت الذرّات في الفضاء.

انفجارات مثمرة

هكذا اكتسب الكون عناصر جديدة ستعين على تشكيل النجوم المقبلة وموكب كواكبها، وهكذا خُلق نظامنا الشمسي منذ ٤,٥ مليار سنة في بيئة تتوالى فيها انفجارات المستعرات العظمى. لهذا السبب، نحن "غبار النجوم".

إضاءة

المستعر الأعظم

أطلق علماء الفلك منذ الأزل تسمية "نوفا" (جديد باللاتينية) على نجم يظهر في السماء. في الثلاثينيّات الميلادية من القرن الماضي، تم التمييز بين المستعر والمستعر الأعظم، فهذا الأخير يشير إلى انفجارات النجوم.

إنّ مصدر الذرّات واضح حتّى الآن. لكن ذلك يتوقف عند الحديد. ماذا عن العناصر الأخرى الأثقل وزنًا؟ خاصّة الذهب الذي تتألّف نواته من ٧٩ بروتون (راجع الرسم ص. ٥١) قد نضطر إلى إيجاد مسبَك أقوى لصياغة "عمالقة" من هذا النوع. تقدم المستعرات العظمى قسمًا من الإجابة. يقذف انفجار النجم- بالفعل- طبقات الذرّات المختلفة بعضها على بعضها الآخر، تحت قصف مستمر من النيوترونات المنبثقة من القلب، مؤديًّا إلى تشكيل نوى أثقل من الحديد: النيكل (٢٨ بروتون)، النحاس (٢٩ بروتون)، الزنك (٣٠ بروتون) فقد كُشف عن هذه المعادن في خيوط مادّة المستعرات العظمى. في المقابل، يكاد لا يكون هناك أيّ أثر للذهب أو للمعادن الثقيلة. كيف وُلدت إذًا؟ دعونا نَعُدْ إلى مستعرنا الأعظم: لم يشتّت انفجاره كل شيء؛ فقد بقي قلب النيوترونات جاثمًا وسط حطام النجم. الجدير بالذكر أنّ الفيزيائيين الفلكيّين أطلقوا على هذا النجم فائق الكثافة اسم "النجم المشحون بالنيوترونات"، لكنّه في الحقيقة مجرّد هيكل. هذه الكرة التي يبلغ

١ **يقترب نجمان من النيوترونات، أحدهما من الآخر. هذان الكوكبان بالغا الكثافة، هما كلّ ما تبقّى من نجمين كانا يتألّقان في الماضي قبل أن ينفجرا كمستعر أعظم.**

٢ **...حتّى الاصطدام، تمارس نجوم النيوترون جاذبيّة قويّة من حولها. وينتهي بها الأمر في نهاية المطاف باللّقاء.**

٣ يتبع ذلك وميض من الطاقة... الاصطدام عنيف إلى أبعد الحدود، لأنّ الكوكبين كثيفان جدًا ويتجاذبان بقوّة فائقة!

٤ مرئيّة على بعد مليارات من السنوات الضوئيّة. إنّ كمية الطاقة التي يطلقها الاندماج عظيمة إلى حدّ أنّنا نشاهد الانفجار على بعد مليارات السنوات الضوئيّة.

٥ سيكون هناك ثقب أسود. يتشكّل الذهب وغيره من المعادن في دفق المادة عند الاصطدام (إلى اليمين وإلى اليسار على الصورة ص. ٥٢-٥٣) وتتشتّت هذه المعادن حالًا في الكون. قريبًا، لن نجد هنا سوى حفرة سوداء ناتجة عن انصهار نجمين مشحونين بالنيوترونات.

شعاعها بضع عشرات الكيلومترات لا تسنو إلا في حقل موجات لاسلكية وأشعة سينية (ما يسمح برصدها)، إلّا أنّ الاختصاصيّين، ربما يكونون قد وجدوا مسبَكهم المذهل من خلال هذه الكرة. إنّ نجمًا مشحونًا بالنيوترون غير قابل للتدمير -عمليًّا- إلّا في حال التقى بنجم آخر مشحون بالنيوترون، فينجذب الكوكبان الكثيفان للغاية أحدهما إلى الآخر ويصطدمان اصطدامًا عنيفًا. تخيّلوا: قوّة الانجذاب بينهما شديدة، فضلًا عن أنّهما منيعان. لا بدّ من وقوع كثير من الأضرار! حتى هذا اليوم، لم نشهد انفجارًا أعنف في الكون.

كنز انبثق عن عنف الكون البالغ

لكن تذكّروا! رشقات أشعة جاما التي سجّلها قمر (سويفت) الاصطناعي تناسب بالتحديد حدثًا عنيفًا للغاية. لاحظ الفيزيائيّون الفلكيّون أنّ الطاقة الناتجة عن ذلك الانفجار تتناسب تمامًا مع الانفجار الذي تطلقه اصطدامات نجوم النيوترونات، وفق الحسابات.

الضوء وومضات أشعة جاما هي ثمرة ذلك اللقاء المريع (راجع الصور أعلاه). انبثق الذهب مع غيره من المعادن الثقيلة نتيجة لهذا اللقاء. رائع! إلّا أنّ هذا النوع من اللّقاءات بين جُسمين لا يزيد قطرهما على عشرات الكيلومترات من الأقطار، لا يتكرّر كثيرًا في الكون على الأغلب، أليس كذلك؟

تبصّروا وعوا: يعيش العديد من النجوم أزواجًا، وعندما يتحوّل أحد النجمين إلى نجم مشحون بالنيوترون، تسرّع الصدمة نهاية النجم الثاني. من ثمَّ فليس من النادر أن يتجاذب نجمان مشحونان بالنيوترون ويتصادمان. وهذا يحدث مرّة كل عشرة إلى مائة ألف عام في المجرة الواحدة، بحسب تقديرات الباحثين وبما أنّ ثمة مئات آلاف المجرّات، وأنّ ذلك حصل منذ ١٣ مليار سنة، نتج كثير من الذهب والمعادن الثقيلة على هذا النحو.

في الواقع، هذا يكفي لشرح تشكل كلّ ذهب الكون. أجل حتّى ذهب سواركم، وخاتمكم وخاتم زواج والديكم. فقد ولدت هذه المجوهرات من ذاك اللقاء المذهل بين هيكلي نجمين، منذ مليارات السنين. ▮

الشكر لكلٍّ من: "إدو بيرجير" Edo Berger، فيزيائي فلكي، جامعة هارفارد (الولايات المتحدة الأمريكية)، و"سيلفي فوكلير" Sylvie Vauclair، فيزيائية فلكية، مؤلفة "ولادة العناصر" La Naissance des éléments (دار نشر أوديل جاكوب Odile Jacob).

للاستزادة

يمكنكم الاستفادة من فيلم فيديو يعرض تصادمًا مذهلًا لنجوم مشحونة بالنيوترونات على الرابط المباشر على Vimeo.com/70639063

svjlesite.fr

ILLUSTRATIONS : MICHEL SAEMANN POUR SVJ

(1) COMMENT LES ÉTOILES FABRIQUENT DE L'OR, Science & Vie Junior 289, PP 50-55
(2) Fabrice Nicot

...حفرنا نفقًا عبر الكرة الأرضية؟[1]

إذا ألقينا بأنفسنا في داخله، بلغنا بعد فترة وجيزة الجهة الأخرى من الكرة الأرضية. زوو!

بقلم: رينيه كويليريه[2]



STÉVEN CAMUS POUR SVJ

علينا أن نرضخ للواقع، لن يتحقق إنجاز كهذا في الوقت الحالي، فحفر نفق يخترق آلاف الكيلومترات من الصخور المتزايدة السخونة والرخوة والمضغوطة (حتى ٥٥٠٠ درجة مئوية مقابل ٣ ملايين ضعف الضغط الجوي) التي تشكّل قلب كوكبنا، يتطلّب بناء جدران من مادة شديدة المقاومة (تكبح الضغط المرتفع) وعازلة كليًا للحرارة، وحبذا لو كان من السهل كذلك صبّ تلك المادّة مثل الإسمنت! وهل لتلك المادة من وجود؟ في الواقع كلّا، ليس بعد. سنطلق عليها إذًا اسم أونوبتانيوم (أي العناصر التي يستحيل الحصول عليها) (unobtainium)، مادّة مدهشة يحقّق بوساطتها كتّاب سيناريو القصص الخيالية أحلامهم كلّها.

دعونا نحلم قليلًا إذًا: ها هو نفقنا من مادة الأونوبتانيوم، يبلغ قطره ١٠ أمتار ويبلغ عمقه ١٢,٧٤٢كلم، عابرًا للكرة الأرضية من جهة إلى أخرى مرورًا بمركزها. قبل إطلاق حجيرة مليئة بالركاب كما في فيلم توتال ريكول (Total Recall) الأخير، دعونا نلقي نظرة حذرة في الداخل.

عبور طويل في فراغ

هواء يكاد يكون سائلاً

الهواء هو همّنا الأوّل، فالضغط الجوي على سطح الأرض ليس سوى وزن عمود الهواء الذي يتكئ على رأسنا وكتفينا، صاعدًا حتى الفضاء (على ارتفاع حوالى ١٠٠ كلم). في الواقع، يُعدُّ ارتفاع العمود مقتصرًا على ٨ كلم، إذ يتركز ٩٠٪ من كتلة الغلاف الجويّ دون ذلك المستوى. أمّا في وسط النفق، أي وسط الأرض، فيمكث فوقكم عمود من الهواء ارتفاعه ٨٠٠ ضعف! والنتيجة: كلما تعمّقنا في النفق، تكدّس الهواء أكثر وانضغط إلى حد البلوغ سريعًا مستويات قصوى من الضغط والكثافة، وبالكاد نعبر ٥٠ كلم -مثلًا- حتى يناهز الضغط المستوى السائد في عمق المحيطات!

قبل الوصول إلى عمق ١٠٠ كلم بقليل، يتوقّف الجو -المؤلف أساسًا من الأكسجين والنيتروجين- في النفق كليًّا عن التصرّف كغاز. لم يعد الهواء سائلًا فعلًا (يتعيّن خفض حرارته إلى -١٤٠ درجة مئويّة للتوصّل إلى تمييعه)، لكنه تقريبًا: "بلغ حدودًا فائقة الحرج". باختصار -وكما في الماء السائل- تكون الجزيئات متلاصقة ويصبح من المستحيل تقريبها أكثر من بعضها بعضًا وتصعيد ضغطها، فتكون إذًا كثافتها هائلة: يزن متر مكعب واحد ٨٠٠ كجم!

انتبهوا من سدادة الأكسجين

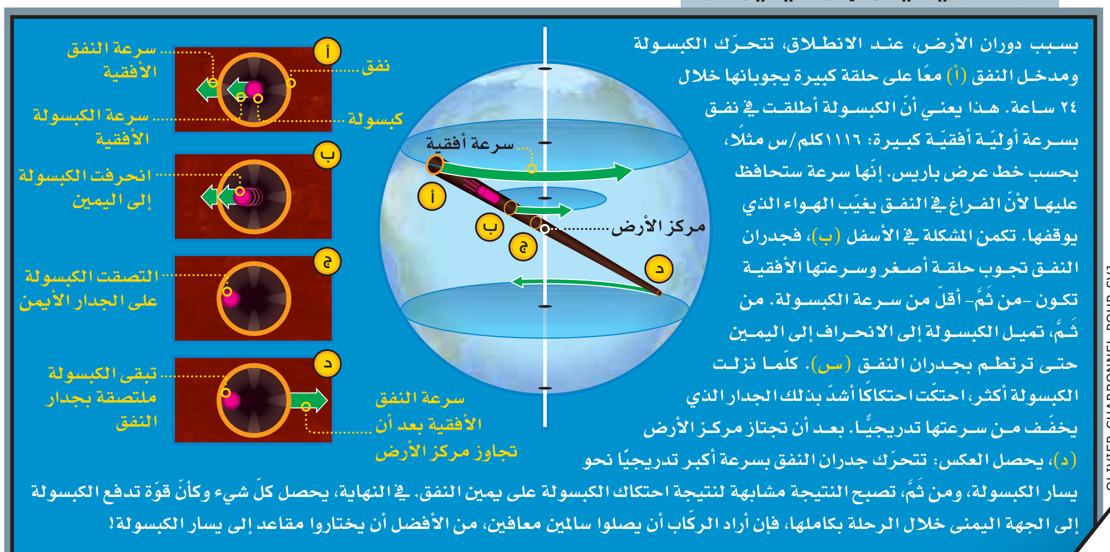
ثمّة الأسوأ من ذلك! على عمق ١٢٠٠ كلم، يصل الضغط إلى ١٠٠ ألف ضغط جوي، ومن هنا -حسب تجارب أجريت خلال السنوات



العشرين الأخيرة- يصبح الأكسجين في الجوّ صلبًا: يتبلور على شكل شذرات حمراء تكون أكثر كثافة من باقي الهواء فائق الحرج "فتغرق" من ثَمَّ كما تغرق الحصى المغمورة في الماء. من ثَمَّ، في ثلاثة أرباع النفق، لا يحوي الجوّ نسبيًا سوى النيتروجين (الذي يشكل ٨٠٪ من الهواء)، فالأكسجين الذي أصبح صلبًا توجّه نحو مركز الكرة الأرضية. لسوء الحظّ أصبح نفقنا مسدودًا بثلج الأكسجين المضغوط على مدى مئات عدّة من الكيلومترات من السماكة! أحسنًا صنيعًا كما ترون بالامتناع عن إطلاق الكبسولة وركّابها حالًا.

استنتاج يفرض نفسه إذًا: لا ينبغي أن نسمح بدخول الهواء! يجب المحافظة على خلاء النفق الذي ينبغي أن ينفذ إلى داخل مبنى محكم الإقفال ومجهّز بغلق هوائي. بعد أن نتّخذ هذه الاحتياطات، نطلق كبسولتنا في الحفرة. يجد الركّاب أنفسهم -تلقائيًا- في حالة من انعدام الجاذبيّة، حالة ستدوم طيلة الرحلة، والسبب البسيط وراء ذلك هو سقوط الأجسام كلّها في الفراغ بالطريقة نفسها تحت تأثير الجاذبية. يهوي الركّاب وما حولهم من أغراض في كلّ ←

قوّة كوريوليس: إلى اليمين دُر!



بسبب دوران الأرض، عند الانطلاق، تتحرّك الكبسولة ومدخل النفق (أ) معًا على حلقة كبيرة يجوبانها خلال ٢٤ ساعة. هذا يعني أنّ الكبسولة أطلقت في نفق بسرعة أوليّة أفقيّة كبيرة: ١١١٦كلم/س مثلًا، بحسب خط عرض باريس. إنّها سرعة ستحافظ عليها لأنّ الفراغ في النفق يغيّب الهواء الذي يوقفها. تكمن المشكلة في الأسفل (ب)، فجدران النفق تجوب حلقة أصغر وسرعتها الأفقية تكون -من ثَمَّ- أقلّ من سرعة الكبسولة. من ثَمَّ، تميل الكبسولة إلى الانحراف إلى اليمين حتى ترتطم بجدران النفق (س). كلّما نزلت الكبسولة أكثر، احتكّت احتكاكًا أشدّ بذلك الجدار الذي يخفّف من سرعتها تدريجيًّا. بعد أن تجاز مركز الأرض (د)، يحصل العكس: تتحرّك جدران النفق بسرعة أكبر تدريجيًّا نحو يسار الكبسولة، ومن ثَمَّ، تصبح النتيجة مشابهة لنتيجة احتكاك الكبسولة على يمين النفق. في النهاية، يحصل كلّ شيء وكأنّ قوّة تدفع الكبسولة إلى الجهة اليمنى خلال الرحلة بكاملها، فإن أراد الركّاب أن يصلوا سالمين معافين، من الأفضل أن يختاروا مقاعد إلى يسار الكبسولة!

OLIVIER CHARBONNEL POUR SVJ

← ثانية بسرعة سقوط جدران المقصورة، ومن هنا يأتي انطباع العوم. ثقوا تمامًا بأنّ انعدام <الجاذبيّة> ليس إلا مرادفًا للسقوط الحر!

وسيلة نقل بيئية مئة في المئة

لكن أين يتوقّف سقوط الكبسولة بعد دخولها إلى النفق؟ حسنًا، علينا أن نعرف أنّ <الجاذبيّة الأرضية> التي تستقطب كلّ هذه الأشياء إلى مركز الأرض، تنخفض كلّما اقتربنا من ذلك المركز (انظر الرسم ص. ٥٥). في نقطة انطلاقها، تخضع الكبسولة للجاذبيّة الطبيعيّة، أي بسرعة ٩,٨١م.ث^{٢} (أو g1). في منتصف الطريق نحو السطح، تنخفض هذه السرعة إلى ٠,٥g وتختفي كليًّا في مركز الأرض. حالما تعبر المقصورة وسط النفق، منطلقةً عند تلك اللحظة بالسرعة المذهلة البالغة ٢٨,٤٤٠كلم في الساعة، لا تسرّعها الجاذبيّة، بل تبطئ سرعتها، علمًا أنّ تلك الجاذبية تؤثر دائمًا باتجاه مركز الأرض. النتيجة: عندما تصل إلى السطح في الجهة الأخرى من الكوكب، تتوقّف، وفي حال لم يكن ثمّة ما يمسكها، تسقط مجدّدًا وتقوم بالرحلة المعاكسة، مثل اليويو! في الواقع، يحصل كل شيء وكأنّ كبسولتنا موثقة بمركز الأرض بواسطة شريط مطاطيّ (كلما ابتعدت عن المركز، جذبتها القوّة إليه مجددًا بشدة).

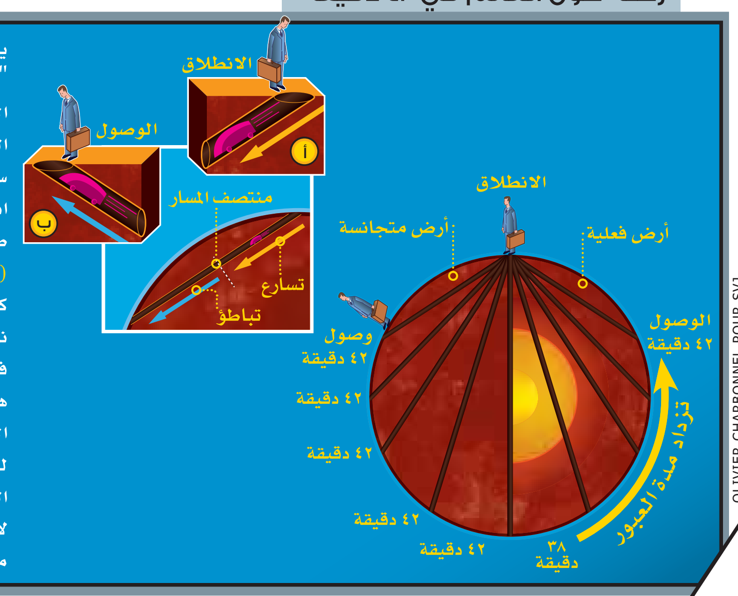
كبسولة تصعد وتنزل دون توقف

الخبر السارّ هو أنّه في حال لم تمسك كُلّابات بالمقصورة عند وصولها لمنعها من السقوط، ربّما نجد أنفسنا في الجهة الأخرى من العالم خلال أقل من ثلاثة أرباع الساعة، من دون أن نستهلك وقودًا ولا طاقة كهربائيّة، ومع العلم بأنّ رحلة من هذا النوع تستغرق ٢١ ساعة من الطيران البعيد المدى دون توقف وتستهلك ١٩٠ طنًّا من الكيروسين، تصبح وسيلة النقل هذه فجأة جذّابة للغاية! النجاح لا يتحقّق إلّا إذا أزيلت أوجه الاحتكاك كليًّا، وهنا تكمن المعضلة، إلّا أن ثمّة قوّة غامضة يسبّبها دوران الأرض، وهي قوّة كوريوليس التي ستدفع الكبسولة إلى اليمين باستمرار (انظر الرسم الوارد أعلاه). من المستحيل أن نمنعها من كشط حواف النفق خلال كلّ الرحلة! فالطريقة الوحيدة للتخلّص من أوجه الاحتكاك هي بحفر نفقنا بين القطبين الشمالي والجنوبي، إلّا في حال أردنا بذل كثير من الطاقة ليدفع حقل مغناطيسي قويّ الكبسولة ويمنعها من لمس الجدران، أي على طول محور



ILLUSTRATION : STÉVEN CAMUS, PHOTO :MARIE FLORESPOUR SVJ

رحلة حول العالم في ٤٢ دقيقة



يخضع قطار أُطلق ببساطة في نفق حُفر "منحرفًا" ولا يمرّ بمركز الأرض، لتأثيرات الجاذبيّة نفسها التي تخضع لها كبسولة تعبر الكرة الأرضية من جهة إلى جهة أخرى، في شكل سقوط حر. يسرع القطار عند الانطلاق في انحدار نازل (أ)، حتى وسط مساره، ويتباطأ عند صعود المنحدر بفضل زخمه حتى الوصول إلى (ب). إذا كانت الأرض متجانسة (بذات الكثافة في كلّ مكان)، تتطلّب عندئذ كلّ هذه المسارات الوقت نفسه (٤٢ دقيقة)، ذلك أنّ الأنفاق التي يكون فيها السقوط أقل عنفًا – من ثَمّ أقل سرعة – هي الأقصر، والتأثيران يتوازنان بالضبط. في الحقيقة، تتألّف الأرض من نواة حديديّة كثيفة للغاية تغلّفها صخور أخف وزنًا. تتفاوت مدة العبور -إذًا- من نفق إلى آخر، لكن هذا التفاوت لا يتعدّى ثلاث أو أربع دقائق كحدٍّ أقصى، وهذا مثير للدهشة!

دوران الأرض، النقطة الثابتة الوحيدة لكوكبنا الدوّار. ليكن! كنّا نفضّل أن نحظى بخيارات أكبر في نقاط الانطلاق والوصول، أليس كذلك؟ ما يدفعنا إلى طرح السؤال الجوهري: إلى أين تنوون الذهاب باستعمالكم هذا النفق؟ لدى إمعان النظر يتبيّن أنّ المسارات المثيرة للاهتمام قليلة عبر مركز الأرض، ربما باستثناء المسار الذي يربط ضاحية بكين (Beijing) في الصين بمدينة بوينس أيريس (Buenos Aires) في الأرجنتين. معظم الأنفاق المحفورة في مناطق غير مكتظة بالسكان تنفذ إلى قلب المحيط! من ثَمّ، ربما يكون من الأفضل حفر نفقنا "منحرفًا" دون المرور بمركز الأرض، بحيث نتمكّن من اختيار نقطتي وصولنا وانطلاقنا كما نشاء. لهذا مفعول سحري كما سترون. فنفق محفور بخط مستقيم بين باريس وطوكيو مثلًا، ينغرز في باطن الأرض بانحدار هابط حادّ للغاية في نقطة الانطلاق (٤١ درجة بالنسبة إلى الخط الأفقي). نلاحظ العكس بالتأكيد عند خط الوصول: ينفذ النفق عند السطح مع منحدر صاعد هذه المرّة، وفي حال أطلقنا قطارًا (وهو عمليّ أكثر من الكبسولة في هذه الحالة)، سيقطع المنحدر الأساسي بسرعة فائقة ليعود، بعد اجتياز وسط النفق، فيصعد بفضل زخمه حتى النقّطة المواجهة كما يحصل في سكة الحديد الأفعوانية في مدينة الملاهي.

إضاءة

الجاذبيّة
هي قوّة الجذب التي يمارسها جسم بفعل كتلته على الأجسام التي تحيط به.

الجاذبية الأرضية
القوّة التي تجذب كلّ الأجسام التي تقع على سطح الأرض نحو مركزها.

ليس أسرع فعلًا من طائرة

بيد أنّ أجمل ما في الأمر هو أنّ المسار يدوم ٤٢ دقيقة، مثل عبور الأرض من جهة إلى جهة أخرى! في الواقع، تعطي كلّ الأنفاق القويمة مدّة مسار واحد مهما كانت نقاط الانطلاق والوصول. لماذا؟ ببساطة لأن المسارات الأقل انحدارًا التي يكون فيها السقوط أقلّ حدّة – أي أقلّ سرعة – تكون أيضًا الأقصر، والتأثيران يتوازنان بالضبط (انظر الرسم أعلاه).

مبدئيًّا، يمكن للقطارات التي تسير في أنفاق مستقيمة أن تربط أيّ نقطة من نقاط الأرض في أقل من ثلاثة أرباع الساعة مجانًا وبتأثير الجاذبيّة! فضلًا عن أنّ بناء كثير من هذه الأنفاق أسهل من حُفر تمرّ بمركز الأرض. لماذا إذًا لم يُنجز ذلك من قبل؟ خذوا مثلًا نفق المانش، هو ليس قويمًا تمامًا لكن لا بأس: نظريًّا، يكفي أن يكبح الأوروستار (Eurostar) فرامله عند مدخل النفق، لتجدوا أنفسكم في الجهة الأخرى خلال أربعين دقيقة تحت تأثير الجاذبيّة ليس إلّا. بيد أنّ هذا المسار أطول بمرّتين مما يستغرق المسار الراهن، دون عناء تفريغ السراديب أو تزويد السكك بحقل مغناطيسي تنزلق عليه القطارات بلا احتكاك! أما النفق الأطول والأعمق الذي نستطيع حفره اليوم، فلن يتعدّى عمقه الكيلومترات الـ١٠، ولن نعبر أكثر من ٧٠٠ كلم خلال ٤٢ دقيقة، وهذا بالكاد أسرع من الطائرات الحاليّة، فما الفائدة؟ ماذا عن القمر (رحلة تدوم ٥٤ دقيقة) أو المريخ (٥٠ دقيقة)؟ هناك الصخور أقلّ سخونة وأقل رخاوة من باطن الأرض، ما يجعل عمليّة الحفر أقل تعقيدًا، كما أنّ غياب الغلاف الجويّ -نسبيًّا- يحلّ كثيرًا من المشكلات داخل الأنفاق (فضلًا عن أنّ الطائرات ستكون غير صالحة للاستعمال) ربّما تفيدنا -إذن- هذه الفكرة المذهلة يوم نرحل للإقامة في تلك الكواكب! ■

(1) ET SI… ON CREUSAIT UN TUNNEL À TRAVERS LA TERRE?, Science & Vie Junior 291, PP 66-69
(2) René Cuillierier


علماء
المستقبل
شارك. حقق. طوّر.


مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST



أستطيع استخراج الذَّهب من السُّكّر[1]

زهيشانغ ليو Zhichang Liu، العالم بالكيمياء في جامعة (نورثويسترن في إلينوي) في الولايات المتحدة الأمريكية.

مجلة العلم والحياة:

كيف خطرت لك هذه الفكرة؟

زهيشانغ ليو: بالصُّدفة تماماً. خطرت لي الفكرة بعد أن مزجت محتوى أنبوبَي اختبار، كان أحدهما يحتوي محلولاً من أملاح البوتاسيوم والذهب، والثاني على ألفا – سيكلودكسترين (alpha-cyclodextrine)، وهو سُكّر مشتقّ من النّشا تنتجه البكتيريا، وقد تصورت بادئ الأمر أنني سأحصل على بُنًى صغيرة ومكعبة و واسعة الأبواغ وقادرة على تخزين الغازات، لكن مفاجأتي كانت بالغة؛ فخلال أقل من دقيقة، شاهدتُ تشكّل إبر لامعة صغيرة للغاية، لونها بُنّيّ فاتح، فأدركت بعد الاطلاع عليها بالمجهر الإلكتروني أنها آلاف متعدّدة من خيوط أيونات الذهب النانويّة المحتجزة في جزيئات الألفا (سيكلوديكسترين)، ونظرًا لسرعة تجمّع الجُسيمات النانوية، أدركت سريعًا أنّ هذه الطريقة قد تُثير اهتمام صناعة الذهب.

مجلة العلم والحياة:

بأيّ طريقة تتشكل إبر الذهب تلك؟

زهيشانغ ليو: السّر يكمن في شكل السّكّر الذي نتناول موضوعَه هنا، وهو الألفا (سيكلوديكسترين). في الواقع هو تجمّع من ٦ جزيئات من الجلوكوز تُشَكّل حلقة. تُحتجز أيونات البوتاسيوم والذهب وسط تلك الحلقة، فتتراكم عند ذلك تلقائيًا سلسلة من الحلقات، كلّ واحدة فوق الأخرى، وتتعاقب وَسْطها أيونات البوتاسيوم وأيونات الذهب، حتى تصاغ تلك الإبر الذهبية التي يبلغ قطرها ١,٣ نانومتر.

مجلة العلم والحياة:

لكن، ألا يمكن للسّكر أن يجذب أنواعًا أخرى من المعادن؟

زهيشانغ ليو: في الواقع لا، وتكمن أهميته هُنا تحديدًا؛ إذ تشكّل بنيته الهندسيّة بيئة ذريّة مناسبة بشكل خاصّ لروابط أيونات (البوتاسيوم) وأيونات (الذّهب) الّتي تتركّب بشكّل مثالي، ولا تتمكّن معادن مثل (البلاتين) أو (البالاديوم) أو (النحاس) أو (الزنك) من الثبات عليها، فيُجري الألفا (سيكلوديكسترين) عمليّة الفرز بشكل طبيعي، ولا ينتقي في نهاية المطاف إلا الذّهب.

فكرته

وفقًا لتركيبَته المُتَميِّزة ذات الشكل الحلقي، فإنّ السّكّر المشتق من النّشا قادرٌ على احتجاز جُزَيئات الذّهب وجمعها في خُيوط رفيعة للغاية. لماذا لا نستفيد من هذه الميزة لاستخراج الذّهب من المعادن بطريقة بسيطة وبيئية؟ ومن ثَمّ نتجنّبُ الطرائق الفائقة السميّة الّتي تستعملها صناعة التّعدين بكثرة.

مجلة العلم والحياة:

أيمكن لهذا السّكر في مرحلة ما أن يحلّ محلّ المنتجات المستعملة اليوم لاستخراج الذهب من المعادن؟

زهيشانغ ليو: نرجو ذلك؛ فإنتاجه بسيط ولا يكلّف شيئًا، بل إنه منتَج بيئيّ تمامًا مقارنة بالسيانيد، ذلك السمّ الخطير على عمال المناجم، وعلى البيئة بشكلٍ خاص، والمستعمل في صناعة التعدين، إلا أنّنا لم نجد –حتى هذا الاكتشاف– بديلًا من هذا المنتج الذي يستعمله الصناعيّون إلى الآن بنسبة ٨٠٪، وقد وضعنا تصورًا لعمليّة الاستخراج الكيميائيّة كاملة، ولا يبقى سوى تطويرها، وقد أعربت خمسون شركة في العالم تقريبًا عن اهتمامها بالشراكة.

أجرى المقابلة O.D.

(1) JE PEUX EXTRAIRE DE L'OR AVEC DU SUCRE, Science & Vie 1153, P 34

علماء الفيزياء في حيرة من أمرهم: البروتون، الجُسيم الذي اعتقدوا أنّه ثابت، يظهر بحجمين مختلفين. اكتشاف يهزّ قوانين الفيزياء!

بقلم: فابريس نيكو (١)

ماذا يخفي البروتون؟ (٢)

كم هو ضئيلٌ من حيز ليخفي لغزًا: ٠،٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٨٤١ م! أو ربما تفضّلون صيغة: ٠,٨٤ × $١٠^{-١٥}$ م. هذه السلسلة الطويلة من الأصفار مع بعض الأرقام في الآخر تعادل قطر البروتون، أي الجُسيم الذي يشكّل مع النيوترون نواة الذرات، وبعد سلسلة من القياسات المختلفة بين ٢٠٠٩ و٢٠١٢، تمكّن الباحثون بكلّ فخر من نشر هذه النتيجة، وطرح العديد من الأسئلة، ذلك أنّه سبق في التسعينيّات أن تم قياس قطر البروتون. بلغ في تلك الفترة ٠,٨٧٧ × $١٠^{-١٥}$ م، فقدَ إذًا القليل من قطره، أي ٤٪ من قياس خاصرته تقريبًا! كيف نفسّر هذا التضاؤل الشديد؟ يمكن مبدئيًّا استبعاد الاكتئاب المؤقت أو ضغوط الموضة، فمن غير المفترض أن يتطوّر البروتون، حاله حال كلّ الجُسيمات المكوّنة للمادة. منذ ولادته، منذ ١٣,٨ مليار سنة عند الانفجار الكبير، لم يتغيّر قيد أنملة! بل إنّه يتسم بالاستقرار إلى حدّ اعتبار قطره أحد ثوابت الفيزياء. لذلك أربك هذا الفرق علماء الفيزياء، وتخيّل بعضهم قيام ثورة مرتقبة، فالبروتون ليس جُسيمًا بسيطًا. إنّه أحد أسس المادة، وإذا ارتجّ هذا الأساس، اهتزت الفيزياء بكاملها.

من دونه، لا مادّة بكل بساطة لأنّنا نجده في نواة كلّ الذرّات من دون استثناء. منذ الهيدروجين (بروتون واحد) إلى العناصر الأثقل (١١٨ بروتونًا). نحصي بالتالي ٣ × $١٠^{٢٣}$ بروتون لكلّ غرام من المادة!

جُسيم خفي وخالد

ثمة ميزة أخرى تجعله أساسًا لا غنى عنه: البروتون خالد. إنّ كثيرًا من الجُسيمات في الفيزياء غير مستقرّة وتتفكك تلقائيًّا إلى جُسيمات ثابتة وأخف



PLUTTARK POUR SVJ



PLUTTARK POUR SVJ

وزنًا، ولكن ذلك لا ينطبق على البروتون، أحد الجُسيمات الثابتة الأخفّ وزنًا. في الواقع، تتفكّك في نهاية المطاف معظم الجُسيمات الأخرى إلى بروتونات، إلّا أنّ ذلك الاستقرار جوهري لتماسك المادة، وإلّا لتفكّك تلقائيًّا كلّ موجود، وهذا مؤسف للغاية.

أخيرًا، ولإقناعكم نهائيًّا بأهميّة البروتون، لاحظوا: إنّه أساس الأشكال الثلاثيّة الأبعاد! ستفهمون الفكرة. ليس البروتون أصغر ما في المادة، إذ يمكننا أن "نفتحه" بعد ونطّلع على محتواه. نجد في الداخل ثلاثة كواركات. يُسمّى اثنان منهما "علوي" والثالث "سفلي"، وتبقى هذه الكواركات شديدة التلاصق بفضل عمل جُسيمات أخرى تحمل اسمًا يلائم عملها ألا وهي الغليونات. إلّا أنّ الكوارك -ككلّ جُسيمات المادة المتناهية في الصغر- مجهول الحجم ولا يمكن قياسه. إنّها أشبه برقط لا يمكن لرجال العلم أن يقولوا سوى إنّ قياسها يبلغ أقل من جزء من مليار من جزء من مليار متر. يتشكّل البروتون -إذن- من ذلك "اللا شيء" إلّا أنّه لا يشبه النقطة على الإطلاق. إنّه ثلاثي الأبعاد.

الإثبات: حماسٌ حتى الجنون لمعرفة قيمة قطره. بأيّ معجزة يمكن لشيء مؤلّف من ثلاث نقاط لا حجم لها أن يتّسم بحجم قابل للقياس؟ في الواقع لنفهم ذلك، علينا أن نتمعّن بالفعل في طريقة قياس الباحثين لذلك القطر.

القصف بهدف القياس

تقوم الطريقة الأولى المستعملة منذ الخمسينيّات (انظر الرسم أدناه) على قصف البروتون بالإلكترونات، وهي جُسيمات ←

كيف يُقاس البروتون؟

الطريقة الأولى: قصف الإلكترونات

بروتون

إلكترونات

مكشاف

لقياس حجم بروتون (وهو في الواقع أصغر بكثير مما نراه في رسمنا)، نقصفه بالإلكترونات. فتصطدم به تلك الجُسيمات وتُصد أو تنحرف مرورًا بقربه، وعند جمع الإلكترونات عبر مكشاف ثم تحليل مسارها، يتمكّن الباحثون من إعادة بناء شكل العائق (البروتون) الذي صادفته في طريقها. فيستنتجون بذلك قُطره.

ANTOINE LEVESQUE POUR SVJ



> ما هي التجربة التي تخيف الفيزياء بكاملها: البروتونات الخاضعة لدفق من الميونات والمقصوفة بالليزر.. أصغر من المتوقّع!

← تحمل شحنة كهربائيّة سلبية. لاحظ علماء الفيزياء أنّ الإلكترونات تنحرف إلى الجوانب، كأنّها ترتدّ على شيء. عند مراقبة تلك الانحرافات، أعادوا صياغة شكل العائق الذي تصطدم به الإلكترونات: كرة قطرها ٠,٨٧٧×١٠^-١٥م. إنه البروتون، أو بالأحرى الكواركات الثلاثة الدقيقة التي تشكّله. هي نقاط بالفعل، لكنّها في حركة دائمة بعضها حول بعضها الآخر، وتحتلّ مساحة كرة إلى حد ما.

هذه الكرة هي التي تعطي للبروتون حجمه القابل للقياس، ولا ترتدّ الإلكترونات عليها كما لو كانت كرة صلبة: في الواقع، تنحرف بفعل شحنة الكواركات المرتعشة الكهربائية، مثل قطعتي مغناطيس تتدافعان من دون تلامس. ثمّة طريقة ثانية إنّما غير مباشرة (انظر الرسم في أعلى الصفحة المقابلة)، لتأكيد نتيجة قياس قطر البروتون، نأخذ ذرة الهيدروجين، أي بروتون يدور حوله إلكترون. نقصفه بالضوء، أي بفوتونات من كل الألوان.

يبحث علماء الفيزياء بعد ذلك عن اللون الذي ستمتصه الذرّة و"تثيره" (أي تنقل له الطاقة). يعتمد ذلك اللّون الفريد من نوعه مباشرة على قطر البروتون، من خلال معادلة مشتقة من >الفيزياء الكمية<. وحالما يكتشفون اللّون المسبب للإثارة، لا يبقى على الفيزيائيين إلا قراءة حجم البروتون على آلتهم الحسابية، بتطبيق الصيغة السحرية، أقصد الكميّة! والنتيجة هي ٠,٨٧٧×١٠^-١٥م! النتيجة نفسها الواردة باستعمال القصف الإلكتروني.

يلعب الميون دور المثير

كان من الممكن لعلماء الفيزياء أن يتوقّفوا هنا، لكن لا! ماذا تريدون، إنّهم يعشقون التحقق من نتائجهم ويعيدون التحقق منها بطرق متعددة، لذلك سلكوا في العقد الأول من الألفيّة الثالثة طريق الميون. الميون يشبه الإلكترون، لكنّه أكبر كتلة منه بـ٢٠٠ مرة ولا يعيش إلا ٠,٠٠٠٠٠١ ثانية (يتعيّن إذًا الإسراع في القيام في التجارب).

هكذا صنع الباحثون ذرّة هيدروجين ميونيّة: إذ يُستبدل الإلكترون بميون. ماذا يغير ذلك؟ الميون، الأكبر كتلة، يدور على نحو أكثر اقترابًا من البروتون مما كان يفعله الإلكترون، تمامًا كما يُرسل قمر اصطناعي في المدار على

إضاءة

الفيزياء الكميّة

تصف القوانين التي تدير عالم الجسيمات الدقيق ولا تشبه مطلقًا قوانين الفيزياء النافذة في مقياسنا.



قطر: كالإلكترون هو مثل النقطة.
كتلة: ١,٨٨×١٠^-٢٨كجم (٢٠٧ مرة كتلة الإلكترون).
شحنة كهربائية: سالبة.
إنّه نسيب الإلكترون المقرّب، يشبهه كثيرًا إلّا أنّه أكبر كتلة والأهم أنّه قصير الأجل: بضع الأجزاء من الألف من الثانية كحدّ أقصى. تصنع الميونات بصورة طبيعيّة عندما تصطدم بجُسيمات آتية من الفضاء بسرعة هائلة بنوى ذرات غلافنا الجوي. يعيد الباحثون إحداث تلك الاصطدامات في المختبر لصنع حزم من الميونات.



قطر: لا قطر له، قطره مهمل. الإلكترون أشبه بالنقطة.
كتلة: ٩,١×١٠^-٣١كجم.
شحنة كهربائية: سالبة.
تدور الإلكترونات حول نواة الذرّة. نحن نعرفها حقّ المعرفة لأنّها عندما تتنقل من ذرّة إلى أخرى، تشكل تيارًا كهربائيًا. بعكس البروتون، الإلكترون جُسيم أساسي (لا يمكن تقسيمه إلى جُسيمات أصغر). ومدة حياته قريبة من اللانهاية أيضًا.

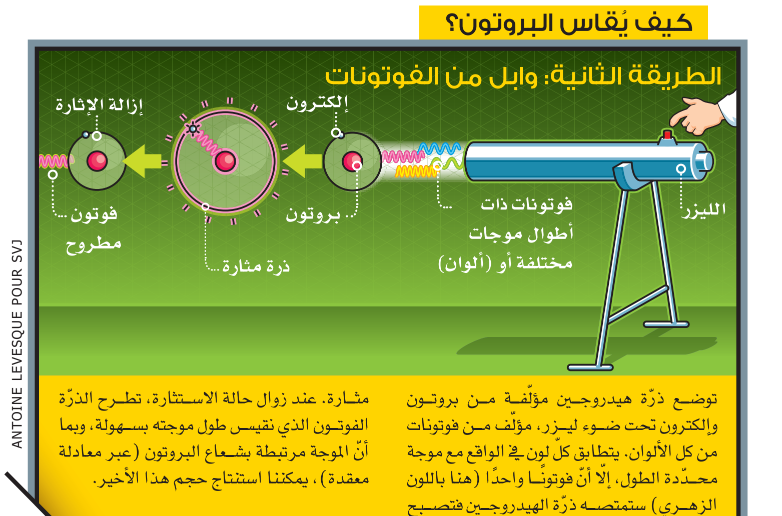
PLUTTARK POUR SVJ

ارتفاع ألفي كلم صورًا أفضل للأرض من قمر اصطناعي على ارتفاع ٣٦ ألف كلم، ما يسمح للباحثين بالحصول على المزيد من التفاصيل عن البروتون خاصة عن قطره، وحالما يصنع الهيدروجين الميوني، يثيره الباحثون كما فعلوا في الطريقة ٢ (انظر الرسم على اليسار)، بواسطة ليزر ليستنتجوا بذلك قطر البروتون، وهنا توصلوا إلى ٠,٨٤١×١٠$^{-١٥}$م وهي نتيجة لا تتفق مع النتائج التي حصلوا عليها في التجارب السابقة.

ستقولون: "حسنًا... بما أنّنا نقيس "لا شيء" محاطًا بـ"ليس كثيرًا"، فمن المنطقي أن يصعب الاتفاق على طول ذلك القطر. "بالتأكيد".

أوّل ما يتبادر إلى الذهن حتمًا هو ارتكاب خطأ في القياس، لكن ذلك غير مرجّح، فقد استعمل الباحثون الهيدروجين الميوني لقياس مميزات البروتون الأخرى، مثل قطره المغناطيسي (الذي يطابق مدى حقله المغناطيسي) وهنا كانت النتيجة واحدة مهما كانت التجربة! اللّغز يزداد غموضًا. يعكف علماء الفيزياء إذًا على اختبارات جديدة على الميون، سعيًا منهم لمعرفة المزيد، والمقصود هذه المرّة تكرار التجربة الأولى التي قصفوا فيها البروتون بالإلكترونات واستبدال الإلكترونات بالميونات. في حال كانت قيمة القطر الذي تم قياسه هي نفسها عند استخدام دفق الإلكترونات أي ٠,٨٧٧×١٠$^{-١٥}$م، سيُعاد النظر في تجربة الهيدروجين الميوني، ويبقى أن نجد مصدر الخطأ، أمّا إذا كان الرقم

كيف يُقاس البروتون؟



توضع ذرّة هيدروجين مؤلّفة من بروتون وإلكترون تحت ضوء ليزر، مؤلّف من فوتونات من كل الألوان. يتطابق كلّ لون في الواقع مع موجة محدّدة الطول، إلّا أنّ فوتونًا واحدًا (هنا باللون الزهري) ستمتصه ذرّة الهيدروجين فتصبح مثارة. عند زوال حالة الاستثارة، تطرح الذرّة الفوتون الذي نقيس طول موجته بسهولة، وبما أنّ الموجة مرتبطة بشعاع البروتون (عبر معادلة معقدة)، يمكننا استنتاج حجم هذا الأخير.

٠,٨٤١×١٠$^{-١٥}$م هو الرقم الناتج، يمكن القول إنّه في حال اجتمع بروتون بميون، تحصل أمور غريبة.

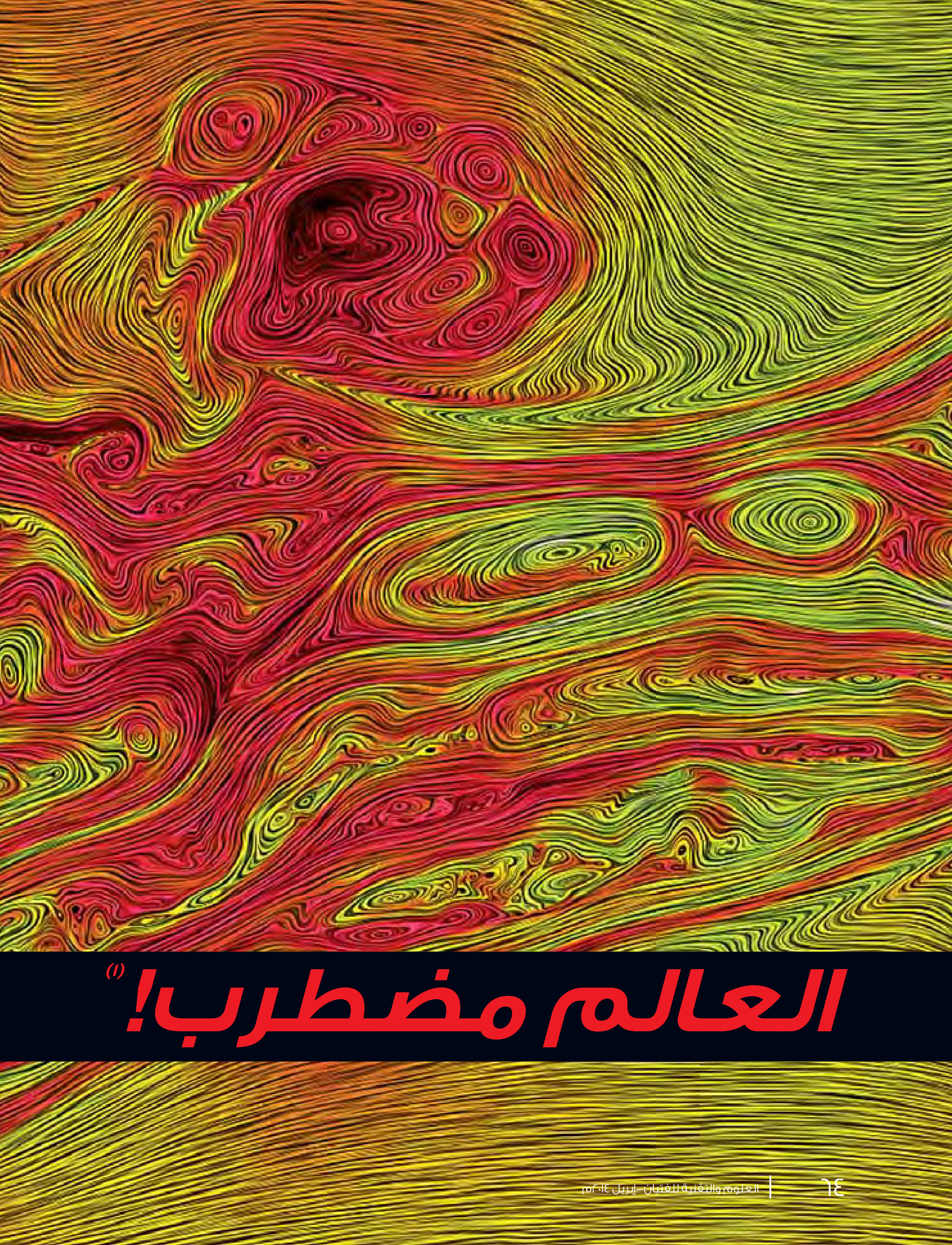
هل سنرى أخيرًا جوانب الفيزياء المظلمة؟

دون انتظار النتائج (لن تجهز هذه التجربة قبل بضع سنوات)، يضع علماء الفيزياء كثيرًا من النظريات المرتبطة بالعلاقة بين البروتون والميون. تقترح إحداها أنّ قوّة مجهولة تربط الميون بالبروتون. تلك القوّة التي لا ينظر إليها الباحثون بعين الاعتبار، قد تحرف الحساب كليًّا وتعطي وهمًا ببروتون أصغر مما هو في الحقيقة، ولكن ما طبيعة تلك القوّة؟ ما الجُسيمات التي تحملها؟ لماذا لم نشاهدها قط؟ إنّها أسئلة تلهب العقول. يذهب بعضهم إلى تصوّر أنّ المادّة الداكنة هي المؤثرة. أجل! جُسيمات لا نراها، لكنّها موجودة، الأمر الذي يدفعنا إلى التفكير في تلك المادة الشهيرة التي تشكل ٨٥٪ من مادّة الكون، التي لم نتمكّن قط من مشاهدتها. يقتفي علماء الفيزياء أثرها منذ سنوات، وصولًا إلى المجرّات الأبعد. ربما تعجّ في ذرّاتنا، هذا يتجاوز حدّ الخيال!





(1) Fabrice Nicot (2) QUE CACHE DONC LE PROTON?, Science & Vie Junior 291, PP 50-53



العالم مضطرب![1]



يغوص علماء الفيزياء في قلب الظواهر، ناظرين بعين الاعتبار في عمليات المحاكاة الحاسوبية إلى التفافات السوائل الأصغر حجمًا (هنا، تدفّق الجُسيمات التي ترسلها الشمس).

HOMA KARIMABADI, UNIV. DE CALIFORNIE

خفقات القلب، والمطر والنجوم... يدرك علماء الفيزياء منذ وقت طويل أنّ في ظاهرة الاضطرابات سرّ تركيب جزء كبير من العالم... بشرط أن نعرف استعمال معادلة تعود إلى ٢٠٠ سنة خلت! تحقق ذلك. بالكاد بدأت عمليات المحاكاة الحاسوبيّة حتى تجاوزت الاكتشافات الأولى آمالهم.

بقلم: س. ديفوس و م. فونتيز [٢]

$$= \; -\nabla p + \nu\Delta\, \vec{u} \;;\; \nabla\cdot\vec{u} = 0$$

دخـان سـيجارة، دوّامـات المـاء في حوض الغسـيل... لا يعـير معظمنـا أهميّـة لهـذه الظواهـر. ليسـت أكثر من دافع لأحـلام اليقظة العابـرة، ولكـن لعلمـاء الفيزياء، تخفـي ظاهرة الاضـطرابات كثيرًا مـن الأمور المختلفـة! كانت تشـكّل تحديًـا، لكنّها اليوم رؤيا انكشـفت. تحد؟ لأنّ تعقيدها يجعل التحكّم فيها صعبًا إلى أقصى الدرجات. رؤيا انكشفت؟ لأنّ كل شيء، منذ ولادة قطـرات المطر حتى سـباق المجـرات، منبثق من دوّامة بسـيطة، دوّامة متناهية الصـغر... مسألة ليسـت حديثـة العهـد. منـذ ليوناردو دا فينشـي -وكان من محبي مشـاهدة التيـارات الهائجة في نهـر أرنو (Arno)- وعلمـاء الفيزياء يدركون أنّ قسـطًا كبيرًا من فهمهم لبُنية العالم يتوقّف على تلك الشلالات من السوائل التي تتدافع من الأكبر إلى الأصـغر كما يحصـل في مخور السفينة. وأن هذه الظاهرة مكون أساسـي من كل الآليات التي تنطـوي على سـوائل وغـازات متهيّجـة، أي على عدد كبير من الأمور التي نشـاهدها في الطبيعة. في النجـوم، والمحيطـات، والأوردة والخلايـا... حيثما كانت حركة وسـيولة، مـن المحتّم أن يلعب الاضـطراب دورًا أساسـيًّا. يفصّـل "تشـارلز-هـنري برونـو" Charles-Henri Bruneau مـن معهد الرياضـيات في بوردو قائلًا: "الاضـطراب هـو قبـل كل شـيء آليّة نقـل طاقة مـن المقاييس الكبيرة إلى الصـغيرة. تربط هذه الدوّامات بين العـالم المرئي للأمواج والرياح والعالم غير المرئي للجزيئـات والإشـعاعات. لا شـكّ إذن في أهميّته لوصف الظواهر المناخيّة والجيولوجيّة والمحيطيّة والفيزيائيّة الفلكيّة وحتى الظواهر البيولوجية".

حتى لو استحال أن نحسب الاضطرابات، نجحنا الآن في محاكاتها

أكثر مـا كان محبطًا للعزيمة هـو أنّ المعادلة الحسـابيّة التي تشـرح الظاهرة كانـت معروفة: معادلات نافييه-ستوكس (Navier-Stokes) التي تم اكتشـافها في القـرن التاسـع عشـر، والقائمة علـى فيزياء نيوتن المعروفة، متيحةً توقّع سـريان أيّ نـوع كان مـن السـوائل، مـن دون أن تُعـرف الشـروط الابتدائيّة، إلّا أنّـه كان ثمة عائق كبير: لا أداة حسـابيّة سـمحت حتى الآن بحسـاب حلّ هـذه المعـادلات (راجع المربـع أعـلاه "معادلتان بمليـون دولار") ومع أنّ علمـاء الفيزياء يعرفون قوانين السـوائل، ويـرون دائمًا الأشـكال اللّولبية نفسها في مخور السفن، إلّا أنّهم مازالوا عاجزين عـن توقّع شـكلها وسـرعتها حسـابيًا. يختصـر "مايـكل بورغـوان" Mickael Bourgouin -وهـو اختصاصـي في هـذا المجال في مختبر السـريان الفيزيائـي الجيولوجي والصـناعي في غرونوبل- المسـألة قائلًا: "هنا تكمن سخرية تلك المعادلات: تقـول لنا إنّ الحل يكمن هنا... لكنّها لا تُحسـب. ونحن هنا منذ القرن التاسع عشر!".

ليـس من المؤكّد أن تهدئ إجابة هذه المسـألة القديمة، التي حصلنا عليها اليوم، من روع علماء الفيزيـاء تمامًا، لكنّهـا تتميّز بفعاليتهـا. قرّرت مجموعات مختلفة من المنظّرين والمجرّبين الذين اتّسـموا بالعمليّة في وجه فشل المحاولات المباشرة منذ ثلاثين عامًا، جدولة تحوّلات جريان السوائل المضـطرب بلا كلـل. كما فعل علمـاء الكيمياء في القرن التاسـع عشـر الباحثين عن تصنيف دوري للعناصـر، عكفوا -بصبر- على اختيار الدوّامات التـي بوسـعها أن تلعـب دور المواد الأوليّـة. يقول "داريـو فينسـينزي" Dario Vincenzi -وهـو اختصاصي في الموضوع في جامعة نيس (Nice)-: "المقصـود هنا وضـع رسـوم تقريبيّة في حالات خاصّـة، نمـاذج تقريبيـة لهندسـة أو سـرعات معيّنة، ثم التحقق من أنّها مطابقة للواقع".

في السنوات الأخيرة، ارتفعت كثيرًا نسبة تلك الحسـابات الرقميّة. سـمحت أجهزة الحاسـوب والكاميرات السريعة بمتابعةٍ أفضل لمسار أحجام

معادلتان بمليون دولار

يقـرّ "داريــو فينســينزي" مـن جامعة نيس قائلًا: "نستعملها من دون أن نفكّر، لكن في حال أثبت علماء الرياضيات أن معادلات نافييه-ستوكس مطروحة على نحو خاطئ، فسيكون ذلك مزعجًا للغاية". في إبريل ٢٠٠٠، بمناسبة الانتقال إلى القرن الجديد، اقترح معهد كلاي ماثماتيكس Clay Mathematics -وهو مؤسسة أمريكية خاصّة- لائحة من سبع مسائل حسابيّة يكافأ حلّها بجائزة قدرها مليون دولار. تندرج معادلتا نافييه-ستوكس في اللائحة (انظر المعادلة على اليمين). يكفي للفوز بالجائزة إثبات أنهما مطروحتان بشكل صحيح: مثلًا، ينبغي إثبات أنّهما غير قادرتين -مطلقًا- على توقّع السرعة النهائيّة لسائل ما، لأنّ ذلك مستحيل من الناحية الفيزيائيّة. لا يشكّ معظم علماء الفيزياء بذلك، مثل "تشارلز-هنري برونو"، في جامعة بوردو: "الحلّ متوافر... وأراه". أمّا علماء الرياضيّات فيلزمون الصمت.

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla \vec{u}$$

^ هذه هي معادلات نافييه-ستوكس الغامضة التي تشرح جريان السوائل في الزمن.

لغة اصطلاحيّة

يكفي أن نسكب الحليب في القهوة لرؤية الأشكال اللّولبية التي تميّز الجريان المضطرب. تشير هذه العبارة إلى حالة سائل أو غاز ذي جريان مضطرب تتغيّر سرعته تغيّرًا بالغًا من نقطة إلى أخرى، ويُشرح هذا الجريان المضطرب من خلال سلسلة معادلات في أساس ميكانيكا الموائع: معادلات نافييه-ستوكس.



السوائل المتناهية الصغر، وبدلًا من الاهتمام بسرعات السوائل والغازات المتوسّطة فحسب، متابعة تصادم الجزيئات التي تؤلّفها كذلك. يتحمّس "تشارلي-هنري برونو" قائلًا: "في متناولنا عشرات آلاف الحلول التقريبيّة لمعادلات نافييه-ستوكس! وقد تندمج تلك البرامج في الخوارزميّات الأكثر تعقيدًا لوصف ظواهر إجماليّة".

في متناول الحسابات

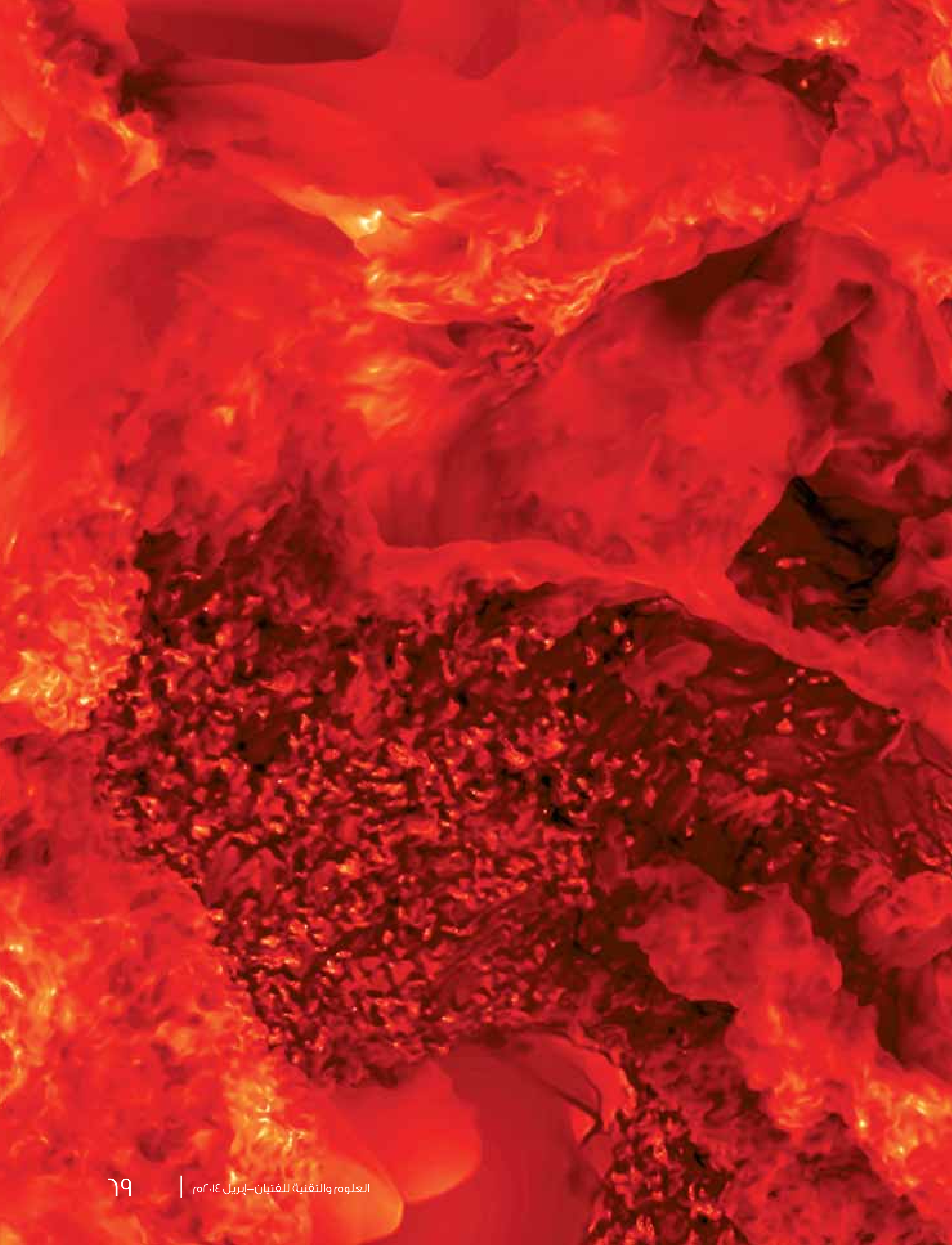
أصبح هذا المؤلّف الرمزيّ عملاقًا إلى حدّ إحراز تقدّم: في كلّ مجالات تحرّك السوائل، أصبحت في متناول الاختصاصيّين الآن أدوات مذهلة يختارون منها الدوّامات البسيطة الافتراضيّة الملائمة لاحتياجاتهم. بات الاضطراب في متناول الحسابات. يقول "داريو فينسينزي": "وأخيرًا سنتمكّن من توقّع خصائص السريان". النتائج: لا تزال الاكتشافات الناتجة عن عمليّات المحاكاة تتلاحق، متخطّية حتّى أفق الآمال. يقول "لوتشيانو ريزولا" Luciano Rezzola، عالم الفيزياء الفلكي في معهد ماكس بلانك (Max Planck) (ألمانيا): "عندما ننظر إلى الاضطراب بعين الاعتبار، نبدأ أخيرًا بوصف اسطوانات الغبار التي تدور حول ثقوب سوداء وتشكّل النجوم الأولى".

من جانبه يقول "جيريمي ديك" Jérémie Dec وهو عالم فيزياء في مرصد كوت دازور في فرنسا (Observatoire de la Côte d'Azur): "نرى ولادة قطرات المطر في الغيوم". يضيف "راوول بانديت" Rahul Pandit من معهد العلوم في بانغالور (Bangalore) (الهند) قائلًا: "بتنا نفهم كيف تضطرب نبضات القلب". ويقول "فريديريك بورنو" Bournaud Frédéric، وهو خبير الفيزياء الفلكية في مفوضية الطاقة الذريّة: "إننا نولج في حيز الآليات الدقيقة لتشكل النجوم في المجرات". ويقول "رومان ستوكر" Roman Stoker، عالم البيئة في معهد ماساتشوستس للتقنية (MIT) في الولايات المتحدة الأمريكية: "بتنا نفهم ديناميكية الأنظمة البيئية البحرية". ويضيف "كريستوس فروزاكيس" Christos Frouzakis، وهو عالم فيزياء في مدرسة البوليتكنيك في زوريخ قائلًا: "نعرف كيف تنبثق الشعلات تلقائيًّا من مزيج الغازات الحارة". من دون الإشارة إلى ولادة الحقل المغناطيسي الأرضي، ونمو الخلايا السرطانيّة وحتى انبثاق الأفكار... باختصار، لا حواجز بعد الآن. انتشر التدويم والدوّامات بشكل رائع في كلّ عمليّات المحاكاة باستخدام الحاسوب. أصبح العالم -أخيرًا- مضطربًا. ■

الاضطرابات تصوغ الكون

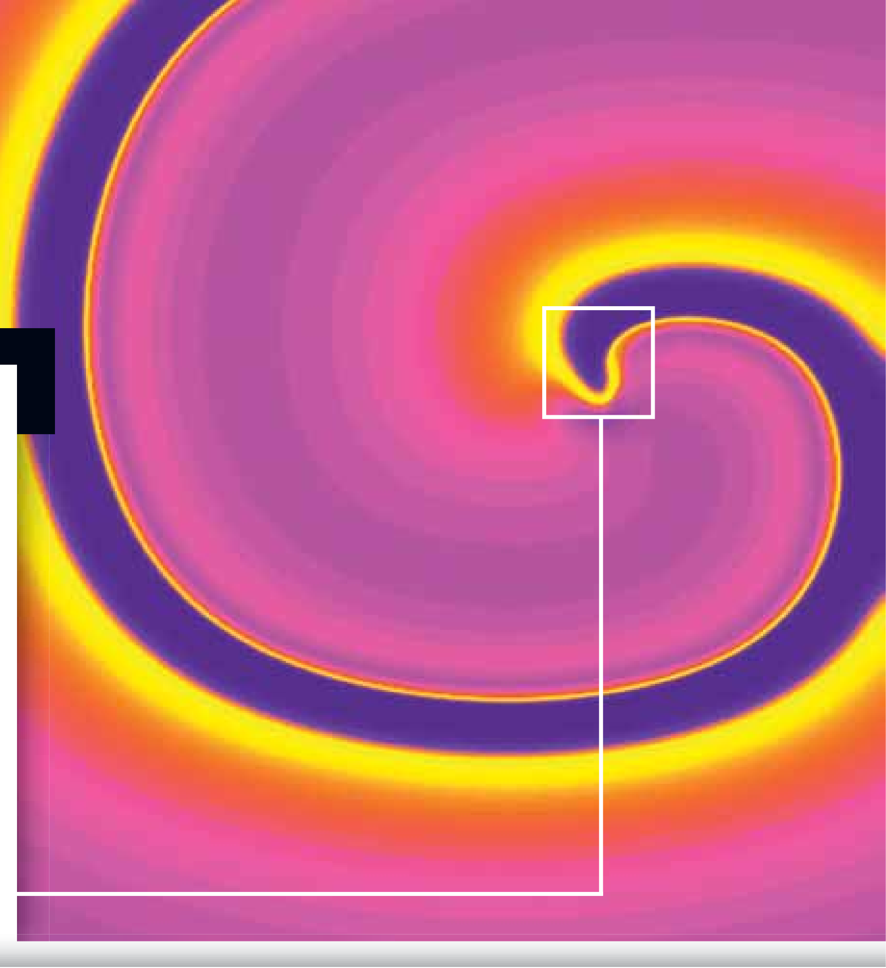
انظروا إلى دوامات هذه البلازما التي تم محاكاتها للمرّة الأولى على الحاسوب: ولدت مجرّات الكون الأولى في التفافاتها الأدق التي تتركّز فيها الغازات المكهربة. يشرح "كريستوف فيديرات" Christoph Federrath خبير الفيزياء الفلكيّة في جامعة موناش (Monash) في أستراليا قائلًا: "لدينا أسباب وجيهة تدفعنا للتصوّر أنّه في بداية الكون -أي بعد بضع ملايين من السنين فقط من الانفجار الكبير- تطوّر الغاز بطريقة مضطربة. لكن الكون كان في ذلك الوقت في حالة من التوسّع السريع... ولشرحه، علينا وضع النسبيّة في اعتبارنا" إلّا أنّ علماء الفيزياء الفلكيّة -وبغياب نموذج يسمح بشرح تلك الدوامات التي تدور بسرعة تقارب سرعة الضوء- تجاهلوها حتى الآن. كان هذا قبل أن يجد "لوسيانو ريزولا" Luciano Rezzola وزملاؤه في معهد ماكس بلانك (Max Planck) منذ بضعة أشهر، الطريقة للتوفيق بين معادلات أينشتاين والمعادلات التي تشرح الاضطرابات الناتجة عن سريان سائل ما. فقد طوّروا نموذجًا جديدًا قادرًا على وصف البلازما في هذا النظام الشديد قبل تحويلها إلى لغة المعلوماتية والشروع في أوّل محاكاة واقعيّة لحالة الكون بعد وجوده مباشرة. يتحمّس "كريستوف فيديرات" Christoph Federrath قائلًا: "مع هذا الشرح للاضطرابات النسبيّة، نتمنّى أن نبدأ بدراسة ديناميكية الغاز وتحديد كميّته" فنفهم أخيرًا كيف انبثقت نجوم الفضاء الأولى من تلك الدوامات الصغيرة فائقة السرعة.

D.RADICE ET L.REZZOLLA, MAX PLANCK INSTITUT



تُطلق الأمطار الغزيرة

لاحظوا على هذه الصورة سحب النقاط السوداء: الكثيفة من بينها سوف تهطل أمطارًا! لدى نمذجة اضطرابات الجوّ على مقياس صغير، لاحظ "جيريمي ديك" في مرصد كوت دازور، أنّ قُطيرات هذه الغيمة المعلّقة تتركّز حتى تشكّل قطرات كبيرة على نحو غير عادي هنا وهناك، فتنهمر في آخر المطاف بفعل الجاذبيّة على شكل أمطار غزيرة. يؤكد الباحث قائلًا: "في بعض الغيوم، نلاحظ أنّ الاضطرابات تسرّع انهمار الأمطار عشرة أضعاف!" ومع ذلك، لا تزال هذه الظاهرة مغيّبة حتى الآن في نماذج التوقعات المناخيّة.



تتسبّب بتوقف القلب

يشرح راوول بانديت قائلًا: "ها هي المسؤولة عن توقف عمل القلب: هذه الموجة اللولبيّة، عندما تتمدّد في القلب، تحدث حالة عدم انتظام في نبضاته ربما تكون قاتلة". منذ بعض سنوات، فيما كان يحاكي الاضطرابات الكهربائيّة في نسيج القلب، شهد عالم فيزياء المادة المركّزة في معهد العلوم في بانغلور (الهند) هذا، ولادة تقلّبات: موجات تلتفّ وتعبر غشاء القلب وتعطّل انقباض بطيني القلب. "ندرس حاليًّا انتشارها لتحسين فعاليّة مهدئة النبض".

تُشعل النجوم

يشرح "فريديريك بورنو" Frédéric Bournaud قائلا: "نلاحظ ذلك في عمليّة المحاكاة هذه: عندما تتصادم مجرتان، تتشكل مناطق ذات كثافة مفرطة، وغازات تولد بدورها نجومًا جديدة". صمّم عالم الفيزياء الفلكيّة في مفوضيّة الطاقة الذريّة -في الواقع- نماذج عن الاضطرابات التي تنشأ من لقاء مجرتين لولبيتين لهوائيين. وأدرك أنّها تمثّل دورًا أساسيًّا: تشتعل النجوم بتأثير منها في كلّ مكان بدلًا من أن تتركز في قلب الاصطدام.

J.DEC, OBSERVATOIRE DE LA CÔTE D'AZUR - CEA - R.PANDIT, INDIAN INSTITUT OF SCIENCE



تنظّم الأنظمة البيئية للمحيطات

تعيد هذه الصورة رسم مسار جُسيم من غذاء واحد في المياه المضطربة، وتكشف عن لغز تفوّق بعض الجراثيم. في العام ٢٠٠٩ اكتشف "جون تايلور" John Taylor الاختصاصي في ديناميكية الموائع المحيطيّة في كامبريدج، وهو يعمل على المحاكاة الحاسوبيّة لتوزيع الغذاء في المحيط، أنّ البكتريا التي تجيد السباحة تتكيّف مع اضطرابات بيئتها، ما يعطيها الأفضليّة على شبيهاتها غير المتحركة. يحدّد أنّ "بعض الكائنات الدقيقة البحريّة تعرف الاستفادة من ذلك الاضطراب لتقتات بشكل أفضل، وتتكاثر وتتوزع". كما اكتشف رومان ستوكر Roman Stocker وفريقه في معهد ماساتشوستس للتقنية (MIT)، أنّ الاضطراب يتحكّم بنمو العوالق النباتيّة، معدّلًا قليلًا زاوية محور تحرّك كلّ فرد، وموزّعًا السكّان على مساحات واسعة. يتحمس رومان ستوكر قائلًا: "إنّها بداية فرع جديد للأبحاث يمزج الفيزياء وعلم الأحياء الدقيقة البحريّة. إنّ فهم الفيزياء في قلب سائل يعطينا مؤشرات على توزع الكائنات الدقيقة وكلّ النظام البيئي المحيط أيضا".



MIT - C.FROUZAKIS, SWISS FEDERAL INSTITUT OF TECHNOLOGY

تُشعل الغازات الساخنة

ولـدت النقطـة الحـارة التـي انبثقت منهـا هذه الشـعلة من دوّامات بسـيطة! خرق "كريسـتوس فروزاكيس" Christos Frouzakis -وهـو عـالم فيزيـاء في مدرسـة البوليتكنيـك في زوريـخ- لغـز الاشـتعال الذاتـي: "عندمـا يمتـزج غازان سـاخنان، تتصـرف الاضـطرابات التي تتشكّل فيهما كحفّاز، وبإنتاجها شـعيرات عدّة، تسـاهم هذه الاضـطرابات باتّصـال كاشـفين". وعندما يكون المزيج متجانسًـا كليًّا، ترتفع الحرارة بشدّة فيشتعل تلقائيًّا.

(1) LE MONDE EST TURBULENT!, Science & Vie 1155, PP 86-95
(2) S. DEVOS ET M. FONTEZ

قطرة القار

وأخيرًا رأينا سقوطها![1]

كانت ما تزال راغبة في الانحدار، وفي ١١ يوليو ٢٠١٣ خرّت القطرة أخيرًا تحت أنظار إحدى الكاميرات، منهية إحدى أطول التجارب المختبريّة على الإطلاق.

تسعة وستون عامًا من القبوع في إحدى زوايا مختبر جامعة (ترينيتي Trinity College) المرموقة في (دابلن/أيرلندا) تحت ركام متنام من الغبار. قُمع زجاجي مليء بالمادّة السوداء، موضوع فوق كأس زجاجيةٍ بالقرب من ساعة حائط تقرع ساعات الزمن.

جهازٌ بسيط أقيم للإجابة عن سؤال من نمط الأسئلة التي كان يطرحها علماء الفيزياء على أنفسهم في الأربعينيّات من القرن المنصرم، بوساطة الوسائل التي كانت في متناولهم في تلك الفترة، بين (الراتنج) و(القطران): هل القار صلب؟ أم سائل يجري ببطء شديد؟

جُهّز في العام ١٩٤٤م!

عند درجة حرارة الغرفة، يكون القار قاسيًا إلى حدّ التمكّن من تكسيره بالمِطرقة، لكنه يتحوّل -عند تسخينه- إلى مادّة لزجة. قضت الفكرة إذًا بتذويب القار ووضعه في قُمع وتركه يبرد، وفي حال خرّت قطرة منه في آخر المطاف -بعد عودة القار إلى درجة حرارة الغرفة- عُدَّ سائلاً ومن ثمّ أَمكَن قياس لزوجته.

لم يبق سوى الانتظار، إلّا أنّ أحدًا لم يتوقع أن يستغرق السقوط حوالي عَقد من الزمن.

في جامعة ترنيتي، يُحكى أن (إرنست والتون Ernest Walton) وهو أستاذ جامعي مديد الخبرة وحائز على جائزة نوبل في الفيزياء، أطلق التجربة في العام ١٩٤٤. عُرف (إرنست والتون) بأعماله الخاصّة بتحوّل النواة الذريّة، وسرعان ما أزيح الجهاز جانبًا، وتُرك القار يتقطر في طيِّ النسيان، ولم يبالِ أحدٌ بكون تجربة مثيلة تُجرى في الوقت نفسه على الجانب المقابل من الكرة الأرضية، في أستراليا (راجع المربع "التجربة الأسترالية غير الناجحة" في الصفحة المقابلة). هناك، كانت نقطتان

وقائع وأرقام

أطلق الفيزيائي (توماس بارنيل Thomas Parnell) أولى تجارب قطرة القار منذ ٨٦ عامًا (١٩٢٧) في جامعة (كوينزلاند/أستراليا)، ما جَعلَها التجربة العلميّة الأطول في العالم حاليًّا، بواقع نقطة واحدة كل ٧ إلى ١٣ سنة لسقوط لا يدوم سوى عُشْر من الثانية.





> في جامعة ترينيتي في دابلن، كانت قطرة القار تخضع لمراقبة إحدى الكاميرات منذ شهر إبريل ٢٠١٣...

التجربة الأسترالية غير الناجحة

كان البروفسور "جون مَينستون" John Mainstone يتمنى أن يعيش ذلك الحدث منذ ٥٢ عامًا. قبل وصوله إلى جامعة (كوينزلاند/ أستراليا) كانت ثلاث قطرات قد سقطت في الأعوام ١٩٣٨، ١٩٤٧ و١٩٥٤. تبعتها أربع نقاط في الأعوام ١٩٦٢، ١٩٧٠، ١٩٧٩ و١٩٨٨، دون أن يشهد سقوطها. خرّت إحداها ليلًا، والأخرى خلال استراحة لتناول كوب من الشاي. وأصابه سوء الطالع أيضًا في ٢٨ نوفمبر ٢٠٠٠ عندما تعطّلت الكاميرا المركّزة في بداية التسعينيّات عند انفصال النقطة الثامنة وسقوطها. يتحلّى (جون مَينستون) بالروح الرياضيّة ولم ينس أن يهنّئ زملاءه الإيرلنديين. لسوء الحظّ أنّه لن يتمكّن من رؤية القطرة التاسعة التي من المتوقع أن تسقط قبل نهاية هذه السنة. فقد توفي إثر الإصابة بأزمة قلبية في ٢٣ أغسطس ٢٠١٣ في الثامنة والسبعين من عمره.

قد سقطتا (في العام ١٩٣٨ و١٩٤٧) مثبتَتين أنّ القار سائل. منذ ذلك الوقت، لم يشهد أيّ عالم فيزياء سقوط قطرة واحدة في جامعة (ترينيتي) ولم يُحدّدْ عدد النقط التي ربما سقطت بغياب الشهود لإثبات سقوطها، حتى شهر إبريل ٢٠١٣م.

بينما كان عالم الفيزياء (شَين بيرغن Shane Bergin) مارًّا بالمصادفة، رأى قطرة جميلة بارزة، فقرّر مع زملائه أن يصوّب كاميرا ويب على الجهاز لمتابعة الحدث مباشرة، وفي ١١ يوليو عند الساعة الخامسة بعد الظهر حدثت المعجزة؛ "تحطّمت" قطرة رقيقة وطويلة للغاية. يروي (بيرغن): "كنّا في قمّة الحماس، شكّل الموضوع حديثًا مهمًّا للغاية بين الزملاء، وانتابنا الفضول لمعرفة لُزوجة عيّنتنا، فسارعوا إلى قياسها من خلال دراسة تغيّر شكل القطرة خلال سقوطها، فكانت النتيجة أنّها تتّسم بلزوجة تزيد على لزوجة العسل مليونَيّ مرّة، أو عن لزوجة الماء عشرين مليار مرة: أي لزوجة أقل بعشر مرّات تقريبًا مما قُدِّرَ بعد سقوط القطرة الأسترالية الأخيرة في العام ٢٠٠٠. هذا الفارق لا يثير الدهشة، خاصّة بعد النظر بعين الاعتبار إلى الاختلافات البنيويّة بين نوعَيّ القار، فضلًا عن اختلاف درجة الحرارة والضغط والاهتزازات المحيطة التي لا بدّ من حصولها خلال تلك السنوات، مُعدلة تشكّل النقطة بلا شك.

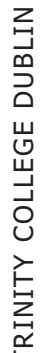
يستعدّ علماء الفيزياء في جامعة (ترينيتي) -حاليًّا- لاستقبال القطرة التالية: ويتساءل (شَين بيرغين) قائلًا: "من يدري أيّ تقنيات سوف تتوافر بعد عشر سنوات؟! لكنّنا سنكون هنا لتصوير تلك اللحظات السحريّة، بكلّ ما تحمله من جمال باهر. إنّها مكافأة جميلة لمن يتقن الانتظار.

O.D.

< من اليمين إلى اليسار: قطرة القار في ٣، ١١، و١٢ يوليو. مزيج الراتنج والقطران سائل إذًا وتم قياس لزوجته.







TRINITY COLLEGE DUBLIN

(1) GOUTTE DE POIX: ON L'A ENFIN VUE TOMBER!, Science & Vie 1153, PP 22-23

أخبــار الطب



CNRI/SPL/PHANIE



> التهاب حادّ في المفاصل، ربما يعود سبب التهاب المفاصل الروماتويدي إلى جرثومة مسؤولة عن التهاب اللّثة: فهي على كل حال تفاقِم الأعراض.

علم المناعة

ربما يخبئ التهاب المفاصل جرثومة اللّثة[1]

يُحتمل أن يعود سبب التهاب المفاصل الروماتويدي، التهاب المفاصل المزمن، إلى التهاب في اللّثة. هذا ما يؤكده الباحثون في جامعات لويسفيل Louisville (الولايات المتحدة الأمريكية) وبيرغن Bergen (النرويج). حيث أظهروا أنّ جرثومة مسؤولة عن التهاب اللّثة، وهو التهاب أنسجة دعم الأسنان، تسرّع ظهور مرض المفاصل وتفاقم أعراضه. سبق الاشتباه في وجود علاقة بين هذين المرضين: إذ يتضاعف انتشار التهاب اللّثة عند المصابين بالتهاب المفاصل الروماتويدي، ويزداد عندئذ هذا الالتهاب حدّةً. ليفهم الباحثون هذه العلاقة، انطلقوا من حمض أمينيّ وهو السيترولين الذي تتسبّب بقاياه في المفاصل جزئيًّا ذلك الضرر، إلّا أنّ ثمة جرثومتين متورّطتين في التهاب اللّثة قادرتين على توليد بقايا السيترولين تلك. لاختبار تأثيرهما في تطوّر المرض، نقل الباحثون عدوى الجرثومتين إلى فئران تظهر عليها أعراض التهاب المفاصل الروماتويدي. النتائج: إحدى الجرثومتين، بورفيروموناس جينجيفاليس Porphyromonas gingivalis تسرّع ظهور الأعراض، وتزيد حدّتها وتفاقم الأضرار على مستوى المفاصل. يقول "بيوتر ميدل" Piotr Mydel المشارك في تأليف هذا البحث: "تزيد كمية السيترولين زيادةً كبيرة، وهذا لا يكفي على الأرجح للتسبب بالتهاب المفاصل الروماتويدي، لكنّه قد يكون العنصر المسبّب عند الأشخاص الذين يحملون عاملاً من عوامل خطر الإصابة".

A.R.

(1) L'ARTHRITE CACHERAIT UNE BACTÉRIE DES GENCIVES, Science & Vie 1154, PP 50-51



مرض السكري

تأكد المسبّب الفيروسيّ(١)

يكمن وراء داء السكري من النمط الأول فيروس معويٌّ ينطوي إنجازه البائس على قلب نظام المناعة ضد الأنسولين، بين العامل الوراثي ونمط الحياة، يتأكد مع مرور الوقت مسبب آخر هو العامل الفيروسي.

بقلم: أوديل كابرونييه (٢)

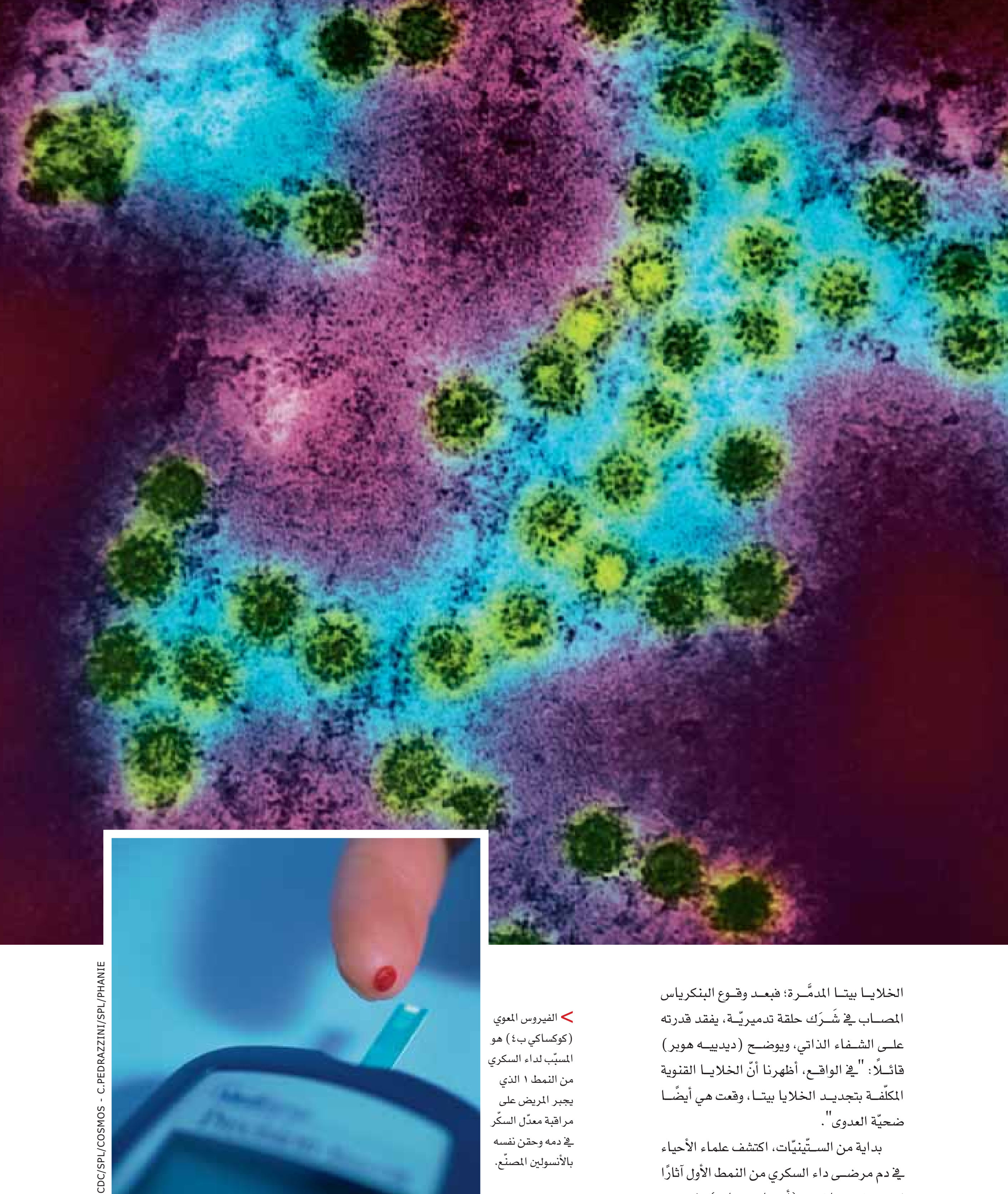
أيمكن لعامل غريب واحد أن يدفع بجيش بلد كامل نحو الانحياز إلى معسكر العدو؟ سيرسم هذا السؤال ابتسامة على شفتي كلّ الاستراتيجيين العسكريين، لكنّ علماء الأحياء يعرفون أنّه في حال كان مسرح الحرب هو الجسم البشري ذو المعسكرين: الخلايا المناعيّة، والكائنات الدقيقة الغريبة فسيكون سيناريو من هذا النوع محتملاً، بل ومحدِّدًا لأحد أكثر الأمراض تفاقمًا في الدول المتطوّرة؛ ألا وهو داء السكري من النمط الأول.

بات (ديدييه هوبر Didier Hober) وهو أستاذ في علم الفيروسات (جامعة ليل ٢، المركز الطبي الإقليميّ الجامعيّ في ليل) يزداد قناعةً بنظريّته: المسؤول عن ذلك المرض الرهيب الذي يتسبّب بتدمير البنكرياس من خلال مناعة المريض هو في الحقيقة فيروس، أو فيروس معويّ بتعبير أدقّ، يقلب نظام المناعة ضد الأنسولين، أي الهرمون الذي يتحكم بضبط معدلات السكر في الدم.

النتيجة: ينهار إنتاج الأنسولين انهيارًا حادًّا ما يجبر مرضى السكري على حقن أنفسهم بأنسولين مصنّع. وثمة استعداد وراثيّ ضروريّ على ما يبدو لانقلاب أدوات الجسم الدفاعية "المناعة الذاتية" على نفسها.

لا يقتصر على الوراثة فحسب

فيما يصيب المرض ١٢ شخصًا من مائة ألف في فرنسا، تبلغ نسبة انتشاره ٦٪ عند أشقاء المريض أو شقيقاته، و٣٠ إلى ٤٠ من ١٠٠ في حال التوائم الحقيقية. لكن الخلفيّة الوراثيّة لا تشرح كلّ شيء. يقول (ديدييه هوبر): قد تغيِّر عوامل بيئيّة التعبير عن المورثات المسؤولة عن الحساسية للسكري. فمن بينها الفيروسات المعويّة (كوكساكي ب Coxsackie B) خاصّة سلالة ب٤ B4 التي يبدو أنّها ذات قدرة عالية على إحداث السكّري، ولا يتردّد الباحث بوضع الفيروس المعويّ (كوكساكي ب٤ Coxsackie B4) في صف المتّهمين الأوائل بالتسبّب بالسكري؛ لأنّ فريق عمله جاء بعناصر جديدة تثبت ذلك. كنا نعرف منذ العام ٢٠٠٠ أنّ الفيروس (كوكساكي ب٤ Coxsackie B4) قادر على إصابة الخلايا بيتا –المنتجة للأنسولين في البنكرياس– في المزارع الخلوية والبقاء فيها. والتشبّث بها، كما اكتشف فريق عمل (ديدييه هوبر) منذ مدّة وجيزة أنّ الفيروس يعطّل نظام تجدد هذا العضو. وهو النظام الذي يتولّى –في الوضع الطبيعي– تجديد



CDC/SPL/COSMOS - C.PEDRAZZINI/SPL/PHANIE

< الفيروس المعوي (كوكساكي ب٤) هو المسبّب لداء السكري من النمط ١ الذي يجبر المريض على مراقبة معدّل السكّر في دمه وحقن نفسه بالأنسولين المصنّع.

الخلايا بيتا المدمَّرة؛ فبعد وقوع البنكرياس المصاب في شَرَك حلقة تدميريّة، يفقد قدرته على الشفاء الذاتي، ويوضح (ديدييه هوبر) قائلًا: "في الواقع، أظهرنا أنّ الخلايا القنوية المكلّفة بتجديد الخلايا بيتا، وقعت هي أيضًا ضحيّة العدوى".

بداية من الستّينيّات، اكتشف علماء الأحياء في دم مرضى داء السكري من النمط الأول آثارًا لعدوى غير مباشرة (أجسام مضادة)، ثم ←

← مباشـرة (من المـادة الوراثية الفيروسـية) بتواتر أكبر مقارنة بالأشخاص الأصحاء.

إنّـه إثبـات لحالـة أكّدتهـا جامعة (اكسـتر Exeter/ المملكـة المتحـدة) في العـام ٢٠٠٩. تشرح (سـاره ريتشاردسون Sarah Richardson) وهـي باحثـة في كليّـة الطـب في الجامعـة قائلة: "اكتُشف بروتين خاص بالفيروسات المعويّة عند ٦١٪ مـن أصـل ٧٢ طفلًا مصـابًا بالسّـكري، في حين كانت نادرة الوجود في بنكرياس الأشـخاص غير المصـابين". إنّها أدلّة ثابتة تدعمها البحوث المخبريّة على الفأرة التي يتسـبّب لديها الالتهاب بـ(الكوكسـاكي ب٤) بمرض السـكري المتّسـم بالمناعة الذاتيّة.

يبقـى أن نفهم كيف ينجـح الفيروس بتحويل البنكرياس إلى هـدف لنظام المناعـة. ذلك أنّه لدى أغلبية الأشـخاص الذيـن لا يملكون مورثات الإستعداد للإصـابة بالسكري من النمط ١، تمرّ العـدوى بفيروس (كوكسـاكي ب٤) مرور الكرام أو تـكاد لا تظهر كليًّا. لكن عندمـا تكون الخلفية الوراثيّـة مهيّـأة لتطـوّر السـكري، تكـون عمليّة الإصـابة بالعدوى لا نمطيّة. في هذا السياق يقول (نويـل مورغـان Noel Morgan) المسـؤول عـن الأبحاث في جامعة (اكستر): "ليس الفيروس من يتسـبب بالأضـرار في النسـيج، بل يبدو أنّه يبقى فترات طويلة بمستوى متدنٍّ، فيدفع نظام المناعة للـردّ بطريقـة غـير مناسـبة. "ولكن مـن خلال أي آليّة؟".

> عندما يتسلّل فيروس (كوكساكي ب٤) إلى الغدّة الزعترية تتحوّل الخلايا المدافعة إلى مخرّبة

في بدايـة الألفيّـة الثانيـة، سـاور (ديدييـه هوبر) حدسٌ بأنّ حلّ اللّغز لا يكمن في البنكرياس بـل في الغدّة الزعتريـة؛ فذلك العضـو الواقع في أسفل الرقبة مسؤول عن برمجة التحمل المناعي. إنـه "يعلّـم" بعض أنواع كريـات الدم البيضـاء المعروفـة باللمفاويـات التائية تمييـز البروتينات التي ينتجها الجسـم عن البروتينـات الجرثوميّة لصـون الأولى والتخلص من الثانية. لكن عندما يتسـلّل (الكوكسـاكي ب٤) إلى الغـدّة الزعتريـة، تتحـوّل الخلايا المدافعـة إلى مخرّبة، كمـا أظهره فريق عمـل (فينسـان جينـين Vincent Geenen) في مركز علم الغدد المناعي في المستشـفى الجامعي في (لييـج/بلجيـكا). يوضّـح "جينـين" قائـلًا: "يخـل (الكوكسـاكي ب٤) بنضـوج اللمفاويـات التائيـة في أجـزاء الغـدّة الزعتريّة المزروعـة، حيـث تتعامل هـذه اللمفاويات مع الأنسـولين كعدوٍّ ينبغـي مكافحته". هـكـذا يتعطّل تحمّل الأنسـولين علـى الصـعيد المركزي –في الغـدة الزعترية– ما يـؤدّي إلى تدمير مواقع الإنتـاج المحيطيّة –خلايا البنكرياس بيتـا– مـن قبـل اللمفاويـات التائيّة، وصـولًا إلى تدمـير البنكريـاس تدمـيرًا شـاملًا (انظر الرسم أعلاه).

هـل يتعيّن علينـا أن نعمـل علـى التخلص من (الكوكسـاكي ب٤) للقضـاء على داء السكري من النمـط ١؟ الأمر ليـس بهذه البسـاطة؛ فمن أوجه التناقـض ما أظهرته الدراسـات الوبائية بأنّه كلّما قلّ حجم الإصـابة بهذا الفيروس المعوي، ازدادت عرضة الإصابة بهذا النوع من السكري. من ثمّ فإنّ البلدان الثريّة هي الأكثر تأثرًا مع أنّها أقلّ عرضـة



١- يصيب الفيروس البنكرياس
تصيب العدوى الخلايا بيتا المُنتجة للأنسولين في قلب (جزر لانجرهانس) والخلايا القنوية المكلفة بإعادة تجديدها.

٢- ...ويتسبّب بالتهاب
يؤدّي وجود الفيروس إلى التهاب في البنكرياس. يدمر هذا التفاعل خلايا بيتا المصابة.

تعابير خاصة

داء السكّري من النمط ١: يهاجـم نظـام المناعـة خلايـا البنكرياس التي تصنـع الأنسولين الضـروري لضـبط معدلات السكر في الدم.

داء السكّري من النمط ٢: يسـفـر إجهــاد البنكريــاس تدريجيًّــا طــوال سـنـوات مـن التغذيــة مفرطــة الوفــر عــن خفض إنتاج الأنسـولين.

مرض المناعة الذاتية: مرض ناجـم عـن انقـلاب نظام المناعة ضد خلايا المريض نفسها.





للفيروس المعوي، وقد سجّلت فنلندا رقمًا قياسيًّا بائسًا: ٦٠ حالة من داء السكري من النمط ١ لكل ١٠٠ ألف شخص، أي ستة أضعاف عدد الحالات في جارتها جمهورية كاريلي الروسية، بالرغم من تشابه التوصيف الوراثي لشعبي هذين البلدين.

مفتاح ذلك التناقض؟ آثار غير متوقّعة للنظافة المفرطة أحيانًا. يرى (هيكي هيوتي Heikki Hyoty) عالم الفيروسات في جامعة (تامبير Tampere /فنلندا) أنّ الوضع يشبه شللَ الأطفال – الذي يسببه فيروس معويّ آخر – في القرن الماضي.

الإفراط في النظافة يَضْعُف

"بعد اكتشافات (باستور Pasteur) وتعميم وسائل النظافة، تدنّى انتشار شلل الأطفال، كما تراجعت بعض أشكال الفيروسات. لكن – في المقابل – تضاعفت أشكال الشلل الخطيرة. فمن أوجه الغرابة أنّ الإفراط في النظافة يجعل الطفل أكثر عرضة للالتهابات". تبدو نظريّة "النظافة" مقنعة في حالة السكري. يتراجع ضغط التعرض للفيروسات المعوية فتنقل النساء الحوامل عددًا أقلّ من الأجسام المضادة إلى أطفالهن. إنّ السنوات الثلاث الأولى من الحياة خطرة للغاية. تشجيع الرضاعة الطبيعية لإطالة مناعة الطفل، والعمل على تطوير النبيت الجرثومي المعوي الحامي بفضل نصائح غذائية... الأفكار كثيرة لمحاولة منع العامل الخفي المسبب للسكري من تحقيق عمله التدميريّ.

بعيدًا عن ذلك المثل، يشير (ديديه هوبر) قائلًا: "قد تتجاوز قدرة الفيروسات الضّارة إطار الأمراض الفيروسية بحدّ ذاتها؛ فهي قد تكون عوامل إطلاق أمراض مزمنة مثل مرض التصلب اللويحي، أو مرض ألزهايمر، أو تفاقمها". أو التوحّد أيضًا (راجع مجلة العلوم والتقنية للفتيان، العدد الأول، ص. ٧٦). دور لم يخامرنا حتى الآن شعور بوجوده، ويشق طرقًا جديدة للعلاج مرورًا بالترسالة العلاجيّة المقتصر استعمالها عادة على الأمراض المُعدية.

الأمراض الأخرى التي تخفي جرثومة

عكس كلّ التوقعات، فإنّ داء السكري من النمط ١ ليس المرض الوحيد الذي نشكّ بأنّه فيروسي السبب. منذ عشر سنوات، يسعى الباحثون في العالم الجرثومي للبحث عن أمراض مختلفة كنّا نعزوها حتّى اليوم إلى موروثاتنا أو إلى أنماط حياتنا. إنّه حال أمراض الدماغ (راجع مجلة العلوم والتقنية للفتيان، العدد الأول، ص. ٦٨) وأمراض القلب والشرايين، أو بكتيريا في لثّتنا التي يحتمل أنّها تؤدّي إلى التهابات مؤذية.

ينبغي التعمّق في هذه النظريّات، وإن بدت غير متوقّعة ومفتقرة للدعم، إن كنّا لا نريد أن نغفل اكتشافًا كبيرًا وسُبُل علاج تتأتى منه. إنّ مثل القرحة التي تصيب الجهاز الهضمي خير عبرة؛ فلولا إصرار (روبين وارن Robin Warren) و(باري مارشال Barry Marshall) من جامعة (كالغورلي Kalgoorlie/ أستراليا) لبقي دور (الهيليوكوباكتر بيلوري Heliocobacter pylori) مجهولًا. عانت نظريّتهما من عدم الاكتراث عشرات السنين، وفي العام ١٩٨٥ –وفي وجه شكٍّ من زملائه– ابتلع باري مارشال مزيجًا من البكتيريا لإثارة المرض قبل تناول مضادات حيويّة. انتقام موفّق منح الباحثَين جائزة نوبل في العام ٢٠٠٥. **C.T.**

A.CHRISTIAEN/MAXPPP/PHOTOPQR/VOIX DU NORD - J.FRAUD

(1) DIABÈTE: LA PISTE VIRALE SE CONFIRME, Science & Vie 1153, PP 80-83
(2) ODILE CAPRONNIER

تحفّز العلوم حــب الآخـرين

بحسب دراسة أجراها باحثون من جامعة كاليفورنيا (سانتا باربارا)، فإنّ الاهتمام بالعلوم يؤثر في الضمير الخُلقي ويحفّز سلوك حب الغير. فعند استجواب متطوّعين بعد قيامهم بتمارين لفظيّة على لائحة كلمات تتعلّق بالعلم (مثل "نظرية" أو "مختبر")، أعلن هؤلاء المتطوّعون أنّهم أكثر ميلًا إلى القيام بنشاطات تطوعيّة من الذين تعاملوا مع كلمات "عاديّة". كما بدا المشتركون أكثر كرمًا في اختبار مُنحوا فيه مبلغًا من المال يتشاطرونه مع الآخرين. "بلوس وان PlosOne"، ٢٠١٣



تم تذوق شريحة اللّحم الأولى المصنوعة في المختبر في لندن. أهذه بداية عصر جديد في فنّ الأكل؟

ما ألذه! لحم اصطناعي...[1]

بقلم: جيروم بلانشار[2]



DAVID PARRY/PA WIRE

كل تلك الضجة بسبب شطيرة برجر؟ هذا طبيعي: إنها المرة الأولى التي نتذوق فيها لحمًا مصنوعًا في المختبر، ثم نُسّق الحدث ببراعة ليحدث ضجة إعلامية. في ٨ أغسطس ٢٠١٣، أحضر الباحث مارك بوست أمام الكاميرات شريحة لحم اصطناعية على صينية...

CULTUREDBEEF.NET

DAVID PARRY/PA WIRE

...التي تم طبخها، على الهواء مباشرة، مع كمية مناسبة من الزيت قبل أن يتم تذوقها. رأي المتذوقة: "طعمها قريب من طعم اللحم، من دون أن تكون غزيرة العصارة".

T. MELVILLE /REUTERS



٢٥٠ ألف يورو (ما يعادل واحد مليون ومائتان وخمسون ألف ريال سعودي)، ثمن باهظ لشطيرة برجر، أليس كذلك؟

الجواب: أجل، بالسعر نفسه، كان من الممكن للمشاهدين الحاضرين جلسة التذوق أن يتقاسموا ٢٨ كيلوغرامًا من الكافيار الممتاز!

إلّا أنّ شطيرة البرجر هذه طعام فريد من نوعه لأنّ لحمها لم يأتِ من حيوان مذبوح، بل نما في أنبوب اختبار. ثم إنّ مبلغ الـ ٢٥٠ ألف يورو هو في الواقع قيمة الشيك الذي وقّعته شركة جوجل منذ خمس سنوات لدعم عمل الباحث "مارك بوست" Mark Post في جامعة ماسترخت (Maastricht)، في هولندا. سمح ذلك المبلغ بتغطية صناعة قطعة اللّحم الأولى، فضلًا عن قسم كبير من الأبحاث المسبقة التي امتدت خمس سنوات أيضًا، فقد توجّب إجراء اختبارات عديدة قبل إيجاد مكان الزرع المناسب لنموٍّ جيّد للنسيج العضلي. لم يكشف "مارك بوست" عن ثمن التقنية التي توصّل إليها في نهاية المطاف. إنّما اكتفى بتوضيح أنّه نموذج تجريبيّ وأنّ السعر سيكون أقلّ بكثير عندما يبدأ الإنتاج على مستوى كبير في غضون عشرين عامًا على الأقصى، وفقًا له. إنّه متفائل: حسب دراسة أجراها في العام ٢٠٠٤ داعمون للحم المصنوع في المختبر، إذا أجريت كلّ الأبحاث الضروريّة من أجل إنتاج صناعي، قد يكلّف الطن ٣٥٠٠ يورو (ما يعادل سبعة عشر ألفًا وخمسمائة ريال سعودي) في أحسن تقدير، أي ضعفي تكلفة لحم الدجاج. ويقول "جان فرانسوا هوكيت" Jean-François Hocquette الاختصاصي في نمو الأنسجة العضلية في المعهد الوطني للأبحاث الزراعية: "بشرط أن نجد بروتينات بديلة، يبدو من الأسهل والأوفر أن نتجه نحو الحشرات، والقوارض...".



لماذا دفعت جوجل الفاتورة؟

الجواب: لأنّ "سيرجي برين" Sergey Brin المؤسّس المشارك، يرى أنّ تلك التقنية قد تحسّن مصير الحيوانات والأرض.

يقلل إنتاج اللحم في المختبر معاناة الحيوانات خاصة تأثير تربية الماشية على البيئة. ذلك لأنّ ثلث اليابسة على الأرض اليوم مسكون بالمراعي أو الحقول المخصّصة لإطعام الحيوانات. إنّها مساحة شاسعة، وتجدر الإشارة هنا إلى أنّنا نلتهم كلّ سنة ٢٢٨ مليون طن من اللحوم! والأسوأ من ذلك هو أنّ الطلب يرتفع باستمرار. بسبب نموّ السكّان بالطبع، وأيضًا بسبب ارتفاع المستوى المعيشي العام: كلّما ازددنا ثراء، ازداد استهلاكنا للحم، وتقدّر منظّمة الأمم المتحدة أنّ الاستهلاك سيتضاعف بحلول العام ٢٠٥٠. أتدركون المشكلة؟ أين نجد أماكن إضافية لتربية الماشية؟ تقدّر دراسة نشرت في العام ٢٠١١ أنّ الإنتاج في المختبر سيؤمّن كميّة اللّحم نفسها باحتلال مساحة أقلّ بمئة مرّة. كما سيكلّف أقل بكثير فيما يصدر كميّة أقلّ من غاز تأثير الدفيئة. باختصار، حلّ معجزة على الورق.

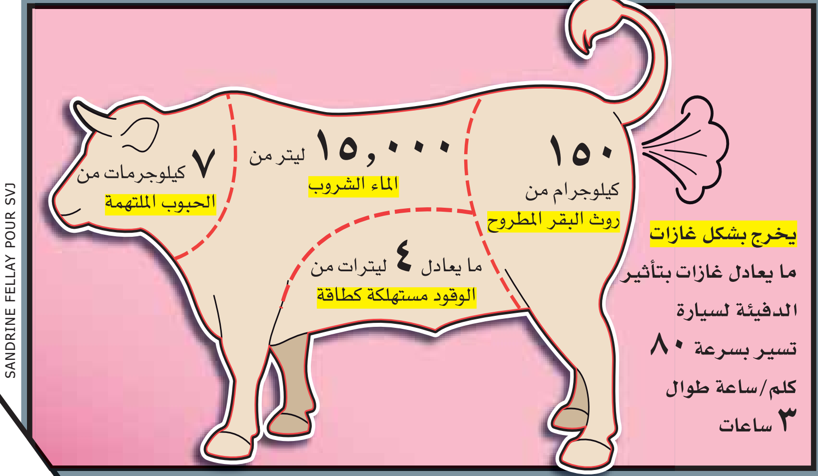
اللّحم الاصطناعي بالأرقام

٢٥٠,٠٠٠
يورو، كلفة الأبحاث لصنع البرجر الأوّل في المختبر.

٢٠,٠٠٠
طن من اللحم قد تنتج من عيّنة واحدة من نسيج عضلي مأخوذ من عجل.

٧
أسابيع استغرقها صنع شريحة اللحم الاصطناعيّة الأولى.

مقابل كيلوغرام من لحم العجل من الماشية، نحسب...





∧ لحم "مزروع" في الأنبوب، إنّه الأمل أولًا في التخلص يومًا ما من ذبح الماشية.

٣ كيف ننمي قطعة لحم في المختبر؟

الجواب: ١- الاستخراج
يستخرج "مارك بوست" بواسطة إبرة طبيّة بسيطة قطعة صغيرة من نسيج عضلة البقرة. تحوي تلك العينة الدقيقة عشرات الآلاف من الخلايا.

٢- التكاثر
تخزّن تلك الخلايا بحرارة ٣٧,٥ درجة مئوية مع كل المغذّيات التي تحتاج إليها للنموّ. يموت معظمها، وحدها >الخلايا الجذعية< تزدهر وتتكاثر. قدرتها على التكاثر هائلة بحسب "مارك بوست": [تنتج عيّنة بسيطة من الخلايا الجذعيّة (نظريًا) للنسيج العضلي ٢٠ ألف طن من "اللحم المزروع"، أي ١٤٢ مليون شريحة لحم تزن ١٤٠ غرامًا].

٣- التحوّل
بعد بضعة أسابيع، عندما تكثر الخلايا الجذعية، تحرم من المغذيات. عندما تجوع، تتوقّف عن التكاثر وتتحوّل إلى خلايا عضليّة. تندمج تلك الخلايا ببعضها بعضًا لتشكل أنابيب صغيرة للغاية يبلغ طولها ثلث الميليمتر، وهي الخيوط الأولى من النسيج العضلي: الأنابيب العضليّة.

٤- تقوية العضلات
لزيادة الكتلة العضليّة للأنابيب العضليّة، ينبغي تمرينها على التقلّص، كما يفعل الرياضي عندما يتدرب. يكفي أن نعطي لهذه الرياضيّة المصغّرة مساحة تدريب هلاميّة تتشبث بها وتتقلّص وتتضخّم، حتى تشكّل عضلًا صغيرًا حقيقيًا: حلقة يبلغ محيطها ١سم، وتبلغ سماكتها أقل من ١ملم.

٥- تراص
لصنع شريحة لحم "عاديّة" تزن ١٤٠ غرامًا، زرع "مارك بوست" ٢٠ ألفًا من حلقات العضلات الصغيرة تلك. استغرقت العمليّة سبعة أسابيع. يُمزج ذلك الخليط الغريب مع عصير الشمندر والزعفران الذي يضفي عليه لون اللحم، لأنّه في غياب الدم، يصبح لون المزيج قريبًا من الأصفر.

٦- الطبخ والتذوق
طبخ قطعة اللّحم مع كميّات كبيرة من المواد الدسمة. في الواقع، يحوي لحم البقر الطبيعي بين ٥ و١٥٪ من المواد الدسمة. أمّا هنا، فلا أثر للمواد الدسمة. بعد أن ينضج اللحم، يبقى تذوقه تحت أنظار الكاميرات.



إضاءة
الخلايا الجذعيّة
هي خلايا يتم الإستنجاد بها حين يصاب العضل بأضرار، تتميّز بقدرتها على التحول إلى خلايا عضلية لتصليح الضرر.

SANDRINE FELLAY POUR SVJ

٤ زراعة لحم بدلاً من قطعان الماشية؟

الجواب: لا يبدو هذا محتملاً. لأنّ هذا يعني فقدان منتجات عدّة أخرى من مصدر حيواني: البيض، والحليب (إذًا الألبان والجبن والقشدة...) أو الجلد. ثم إنّه لن يكون من المستحسن للبيئة التخلّي عن تربية المواشي. يقول "جان فرانسوا هوكيت": "لا ينبغي أن تنحصر رؤيتنا للأمور بالأرقام. بالنسبة إلى البقريّات مثلًا، إذا اقتصر تفكيرنا على المساحة التي تحتلها، فهذا يعني أنّ تربية المواشي المكثفة في الحظائر، حيث تكون الحيوانات محشورة في أماكن ضيقة، أفضل من تربية الماشية في المراعي، إذ تحتلّ عندئذ كل بقرة حيّزًا أصغر، لكن ذلك المنطق خاطئ لأنّ المراعي ربما تؤثر إيجابًا في البيئة: فهي غنيّة >بالتنوّع الأحيائي< خلافًا لحقول الذرة أو الصويا الضخمة المخصصة لغذاء الأبقار في الحظائر. ومن دون الرعي اليومي للحيوانات، ثمّة مساحات شاسعة من الأراضي التي ستبقى بلا زرع فتعود للانضمام للغابة".

أخيرًا -وفي سياق فنّ الأكل- لا يُمكن مقارنة لحم المختبر باللّحم الطبيعي، وما أبعد "مارك بوست" عن التمكّن من إنتاج عضلة كبيرة يمكن تقطيع شريحة لحم كاملة منها، أي شريحة سميكة غنية بالألياف والدهن والأربطة والعروق، مكونات مذاق ونسيج شريحة اللحم. إنما عليه الاكتفاء بخيوط لا تزيد سماكتها عن ٠,٥ ملم... ولن يرتقي منتجه على كونه بديلًا باهتًا، حتى بعد إضافة خلايا دهنية لدى إعداده، وهي المرحلة التالية من أعماله البحثية.

> **إضاءة**
> **التنوع الأحيائي**
> لمنطقة ما هو مجموع أنواع الحيوانات والنباتات المختلفة التي نجدها فيه.

٥ كيف سيكون شكل لحم المستقبل؟

الجواب: بعد ثلاثين عامًا، ربما ننمّي لحمنا في مطبخنا. بل يتخيّل "مارك بوست" أنّنا قد نشتري خلايا جذعيّة مجفّفة على الإنترنت، وقد يكون مصدرها أيّ حيوان كان: بقرة، خروف، "وأيضًا نمر أو بطريق، لم لا؟!". تضعونها بعد ذلك في "آلة صنع اللحم"، وهي آلة ما بين آلة صنع الخبز وآلة صنع اللبن، فلا يبقى سوى الانتظار لتتكاثر. يبدو هذا السيناريو الجنوني إلى حدّ ما غير مرجّح من وجهة نظر "ويم فيربيكي" Wim Verbeke، الذي يدرس سلوك المستهلكين في جامعة غاند (Gand) في بلجيكا. وفقًا له، شراء اللحم المزروع في المختبر من المتاجر قد يكون منفّرًا. لكن هذا المنتج ربّما يجد منفذًا في سوق الأطباق المحضّرة. قد يستعمله الصناعيّون في الواقع كمادّة أولية لأطباق اللازانيا أو البيتزا، شريطة أن تقلّ تكلفة منتج المختبر هذا كثيرًا عمّا يكلفه اليوم، بالطبع. ■

> ٧ أسابيع لتنمية شريحة لحم: وصفة "مارك بوست" طيبة، لكن فترة التحضير لا تزال طويلة!

CULTUREDBEEF.NET

> **للاستزادة**
> تشاهدون تذوّق اللحم في المختبر على **svjlesite.fr** عند طبع "frankenburger".

(1) MIAM! DE LA VIANDE DE SYNTHÈSE…, Science & Vie Junior 290, PP 20-23
(2) Jérôme Blanchart

أسئلة وأجوبة[١]

دعابة[٢]

كان الدنماركي نيلز بور Niels Bohr، الفائز بجائزة نوبل في الفيزياء للعام ١٩٢٢، منظّرًا ممتازًا لكنّه لم يكن بارعًا في الأعمال التطبيقية. لذلك عندما وقع انفجار في جامعة كوبنهاغن في أحد الأيام، صرخ الأساتذة الآخرون: "لا بدّ من أنه بور!".



كلا. صدقوا الجملة التي زيّنت ملصق فيلم الرعب الشهير "ألِيَن الراكب الثامن" (Alien, the 8th Passenger): "في الفضاء، لن يسمع أحد صراخكم!" في الواقع، يتألّف الصوت من موجات صوتيّة، أي تردّدات شبيهة بالموج، وعلى غرار الموج الذي يسافر في البحر، تحتاج تلك الموجات إلى وسط ماديّ لتتحرّك. ينتقل الصوت –من ثَمَّ– عبر الهواء والماء أو حتى عبر الفولاذ بسرعات مختلفة. المشكلة: في الفضاء، لا مادّة، بل فراغ فحسب. فلا تنتقل الموجات السمعيّة نتيجة غياب سند ماديّ لها، ويعمّ الصمت المكان. وبخلاف ما نسمعه في أفلام "حرب النجوم" (Star Wars) أو ستار تريك (Star Trek)، لا تُحدث المركبات الفضائيّة أيّ صوت أثناء تحركها، أو عند انفجارها. **A.H.**

GDEFON.COM



DR.TONY BRAIN/SPL/COSMOS

كم من الوقت يمكننا **البقاء على قيد الحياة غائصين في الماء** حتى رقابنا؟

بضع دقائق إذا كان الماء جامدًا، لكنّنا لن نصمد وقتًا أطول حتى إن كانت حرارة الماء جيّدة. لأسباب لا نفهمها جيدًا، تكره بشرتنا الغوص في الماء وقتًا طويلًا، فهي تتلف بعد بضعة أيام، وحتى لو كان الماء معقمًا، وجود جراثيم على البشرة كفيل بإحداث الالتهابات. يُضعف ضغط الماء –وهو أقوى من ضغط الهواء– دورة الدم في أطراف الأعضاء فيصعّب التنفس. باختصار، لا تناسبنا الإقامة في الماء. **S.D.**

M. MANINI / LES AQUAMENS / WWW.MACHTIERN.ORG

ما **الحيوان الأخطر** على الإنسان؟

إن العدو الأول للجنس البشري لا أنياب له ولا مخالب، يبلغ طوله أقل من سنتيمتر واحد، هو أقل إثارة للروع من سمك القرش وهو أنثى: إنه أنثى البعوض! قد تنقل أنثى البعوض، عندما تلدغ الإنسان لتأمين القوت لصغارها، كلّ أنواع الأمراض التي ربّما تكون مميتة له، مثل: الحمّى الصفراء، والضنك وفيروس شيكونغونيا chikungunya خاصّة الملاريا. يودي مرض الملاريا بحياة شخص في العالم كلّ ثلاثين ثانية، أي أكثر من مليون ضحيّة في السنة. يأتي بعدئذ في التصنيف: الأفاعي، التي تتسبب بمقتل ١٠٠ ألف شخص في السنة. ثم تتبعها العقارب (٥ آلاف ضحيّة في السنة) ثم التماسيح (٢٠٠٠ ضحية في السنة) أمّا أسماك القرش، فنائية عنها في التصنيف: إذ تتسبب أنيابها بمقتل معدل ١٠ أشخاص في السنة فقط. A.H.



الأرقام العشرة... ...عن أسماك القرش

< ٤٣٠ - مليون سنة
إنّه تاريخ ظهور أسماك القرش الأولى.

< ٣٠,٠٠٠
إنّه عدد الأسنان التي يفقدها القرش (تنمو له أسنان جديدة باستمرار).

< ٥٠٠
جنس من القرش أصبح مفهرسًا اليوم.

< ٦٩ كلم / ساعة
إنها أقصى سرعة يمكن أن يبلغها القرش الأزرق، الأسرع في العالم.

< ٦٠ سنة
إنه طول عمر القرش–الحوت. وهو رقم قياسي عند كلاب البحر!

< ٢٥ سنتم
إنه طول القرش–القط القزم Eridacnis radcliffei وهو الأصغر في العالم.

< ٦ سنتم
إنه متوسط طول سن من أسنان القرش الأبيض العظيم.

< ٥
إنه عدد أنواع أسماك القرش (من أصل ٥٠٠) التي تشكل خطرًا على الإنسان.

< ٣
إنه عدد أسماك القرش التي تقتل كل ثانية.

< ١ كلم
إنها المسافة التي يمكن لسمكة قرش أن تحدّد موقع طريدة فيها.



عشرة أسئلة لاختبار معلوماتكم

أتعرفون الشوكولاته؟

١ ما اسم الشجرة التي تأتي منها حبوب الكاكاو؟
- أ) شجرة الكاكاوا
- ب) شجرة الكاكاو
- ت) شجرة القاقاو

٢ في أيّ قارة اكتُشفت الشوكولاته؟
- أ) إفريقيا
- ب) آسيا
- ت) أمريكا

٣ أي بلد أتى بالشوكولاته إلى أوروبا؟
- أ) فرنسا
- ب) إيطاليا
- ت) إسبانيا

٤ ما نوع الشوكولاته الذي لا يصنع بعجينة الكاكاو؟
- أ) الشوكولاته بالحليب
- ب) الشوكولاته الأبيض
- ت) الشوكولاته الأسود

٥ أي قطعة ملابس صُنعت من الشوكولاته؟
- أ) فستان
- ب) جارب
- ت) قفاز

٦ أي بلد ابتكر الشوكولاته بالحليب؟
- أ) سويسرا
- ب) بلجيكا
- ت) ألمانيا

٧ بأي شكل تناولنا الشوكولاته أولاً؟
- أ) كشراب بارد ومرّ
- ب) كقشدة حلوة
- ت) كقالب شوكولاته

٨ من اخترع مسحوق الكاكاو في العام ١٨٢٨؟
- أ) الهولندي فان هاوتن Van Houten
- ب) الفرنسي مونييه Meunier
- ت) السويسري توبلر Tobler

٩ ما هي قرون الكاكاو؟
- أ) نوع من الشوكولاته
- ب) غلاف حبوب الكاكاو
- ت) عصفور يأكل الشوكولاته

١٠ أي بلد هو أكبر منتج للشوكولاته في العالم؟
- أ) ساحل العاج
- ب) المكسيك
- ت) الصين





إن سجلتم أقل من ٥ علامات صحيحة، ننصحكم بقراءة **معجم لاروس الصغير للشكولاته** (دار لاروس للنشر)

الإجابات: ١-ب/٢-ت/٣-ت/٤-ب/٥-أ/٦-أ/٧-أ/٨-أ/٩-ب/١٠-أ

لا تحلموا: لا وجود لبحيرة مثل بحيرة "تشارلي ومصنع الشوكولاته" Charlie and the Chocolate Factory إلا في السينما!

WARNER BROS

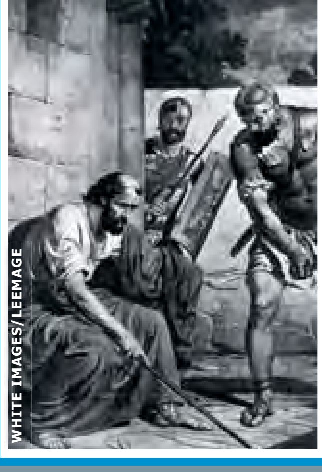
متى...

...ظهر قلم الحبر الجاف؟

R.FIADONE

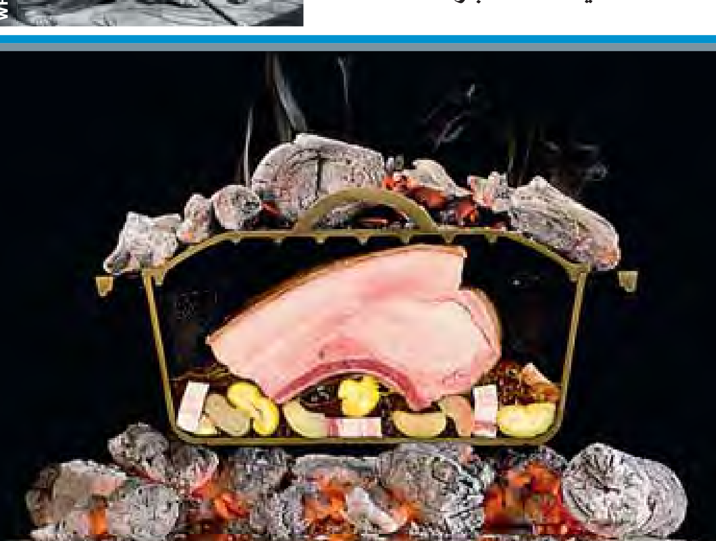
في العام ١٩٣٨، اهتم الصحافي الهنغاري "لاديسلاو جوزي بيرو" Ladislao José Biro بالحبر المستعمل لطباعة الصحف. لاحظ أنّه عمليّ أكثر من الحبر الذي يستعمله للكتابة: يجفّ على نحو أسرع ولا يُحدث بُقعًا. فحاول أن يضع منه في قلم الريشة. لكن فشله كان ذريعًا: كان الحبر لزجًا للغاية، لا يسيل جيّدًا في الريشة. لم يستسلم الصحافي. فيما كان يشاهد أولادًا يلعبون الكرة في بركة من الماء، راودته فكرة أخرى. بمساعدة شقيقه جورج، وهو عالم كيمياء، ابتكر نظام كرة تدور وتلتقط الحبر من الخرطوشة لتضعه على الورقة. هكذا ولد قلم الحبر الجاف، لكن ثمنه كان باهظًا! في العام ١٩٤٥، حلّ الفرنسي مارسيل بيك Marcel Bich تلك المشكلة. استأنف اختراع الشقيقين بيرو Biro باستعمال مواد ثمنها أرخص بكثير. انتهى عصر الأنبوب المعدني، وتبنّى بيك Bic البلاستيك! بيع قلم الحبر الجاف القابل للطرح بـ ٥٠ قرشًا (من الفرنكات الفرنسية في تلك الفترة) وأحرز نجاحًا باهرًا. **A.H.**

من قال؟


WHITE IMAGES/LEEMAGE

"لا تزعج حلقاتي!"

أرخميدس. نطق العالم اليوناني بهذه الجملة في العام ٢١٢ قبل الميلاد، عندما مشى جندي روماني على رسومه الهندسية. فدفع أرخميدس حياته ثمنًا لجرأته.


«MODERNIST CUISINE» - THE COOKING LAB. LLC

هل يسمح طبخ اللحم بالحفاظ عليه مدّة أطول؟

(سؤال طرحه أدريان، ١٢ عامًا، من برلين).

أجل! في أحد الأيام، تدركون وأنتم تفتحون باب برّادكم أنّ قطعة اللحم الموضوعة فيه وتزن كيلوغرامًا شارفت على استنفاد صلاحيتها، أي التاريخ الذي ينصح بعده بعدم تناولها. لسوء الحظ، وعلى الرغم من نهمكم الشديد، من المستحيل أن تتناولوها في وجبة واحدة. اطمئنوا! فإنّ طبخ اللحم بحرارة تناهز ٨٠ درجة مئوية يقضي على الجراثيم التي تتكاثر فوقها بصورة طبيعية، ومنها ما هو ضار بالصحة. بعد أن تطبخ قطعة اللحم، تبقى صالحة للأكل يومين أو ثلاثة، أي قبل أن تتكاثر فيها الجراثيم مجدّدًا. **M.D.A.**

ما الفرق بين...

رائد الفضاء وبين الملاّح الكوني؟

BENJAMIN LECLERC POUR SVJ

روّاد الفضاء والملاّحون الكونيّون وأيضًا جوالة الفضاء ورحالة الفضاء، يمارسون كلّهم المهنة نفسها: يسافرون في الفضاء. الجذر – naute يأتي في الواقع من اليونانيّة nautes وتعني إبحار. لماذا إذًا لا يحملون كلّهم الاسم نفسه؟ رغبت كل جنسيّة في الواقع في التميّز من غيرها بإضافة بادئة مختلفة لتحديد مسافريها في الفضاء. من ثمّ، يسافر روّاد الفضاء الأمريكيون بين النجوم (أسترون astron في اليونانية) فيما يسافر الملاّحون الكونيون الروس في الكون (كوسموس kosmos في اليونانية). والأوروبيّون والصينيّون يسافرون معًا في الفضاء الذي يسمّى سباسيوم spatium في اللاتينية وتايكونو taikon في اللغة الصينية الشمالية.

(1) QUESTIONS & RÉPONSES, Science & Vie Junior 289, PP 56-59



في العدد القادم


٤ ورش
لترميم
الأرض

مجلة العلوم والتقنية للفتيان على الموقع الإلكتروني

http://publications.kacst.edu.sa



مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية الرقم: ٣٤٠١١٣ رقم الوثيقة : 05P0031-BKT-0001-AR01